

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

FÜSZERPAPRIKA ÖRLEMÉNYEK ÉRZÉKELT ÉS MÉRT
SZÍNJELLEMZŐI

HOVORKÁNÉ HORVÁTH ZSUZSA

BUDAPEST, 2007

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Dr. Fekete András, DSc
Egyetemi tanár
Budapesti Corvinus Egyetem

Témavezető: Dr. Fekete András, DSc
Egyetemi tanár
Fizika-Automatika Tanszék
Élelmiszertudományi Kar
Budapesti Corvinus Egyetem

A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1. A fűszerpaprika őrlemény gazdasági jelentősége és piaci helyzete	7
2.2. A fűszerpaprika növény	9
2.2.1. A paprika növény eredete, őshazája és elterjedése Magyarországon	9
2.2.2. A fűszerpaprika rendszertani helye és jellemzői	10
2.2.3. A fűszerpaprika növény élettani tényezői	12
2.2.4. A fűszerpaprika táplálkozási értéke és kémiai összetétele	13
2.2.4.1. A fűszerpaprika színezék anyagai	15
2.3. A fűszerpaprika őrlemény	17
2.3.1. A fűszerpaprika őrleménygyártás technológiája	19
2.3.2. A fűszerpaprika őrlemény minősítése	24
2.3.2.1. Laboratóriumi vizsgálatok	24
2.3.2.2. Érzékszervi vizsgálat	25
2.4. A műszeres színmérés	26
2.4.1. Színmetrika, CIE színingermérő rendszer	26
2.4.1.1. A trikromatikus színingermérő rendszer	27
2.4.1.2. CIE standard fényforrások	28
2.4.1.3. A CIE színinger megfeleltető függvények	28
2.4.1.4. A trikromatikus mérőszámok meghatározása	29
2.4.1.5. A CIELab színinger tér	29
2.4.2. Az objektív színmérés műszerei	33
2.4.2.1. A spektrofotométeres színmérő készülékek	33
2.4.2.2. A tristumulumos színmérő készülékek	34
2.4.3. Műszeres színmérés az élelmiszeripari kutatásban	35
2.4.4. A fűszerpaprika őrlemény műszeres színmérésének eddigi eredményei	39
2.4.5. A szakirodalom eredményinek értékelése	42
2.5. A célja munka	43
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	45
3.1. A műszeres színmérés eszköze és módszere	45
3.2. Az őrlemények színezéktartalmának meghatározása	46
3.3. A mérések során felhasznált őrlemények jellemzői	46

3.4. A színmérés ismétlőképességének meghatározása fűszerpaprika őrlemények esetén	47
3.4.1. A műszer ismétlőképességének mérése	47
3.4.2. A fűszerpaprika őrlemények színmérésének ismétlőképessége	48
3.4.2.1. A mérés ismétlőképességének meghatározása szűk szemcseméret tartományba eső őrleményeknél	48
3.4.2.2. A mérés ismétlőképességének meghatározása teljes őrlemények esetén	48
3.5. Fűszerpaprika őrlemény minták színkülönbségének meghatározása vizuálisan és műszerrel mért jellemzők alapján	48
3.6. Mérések a szemcseméretnek az őrlemény színjellemzőire gyakorolt hatásának elemzéséhez	49
3.6.1. A különböző szemcseméret frakciók színmérése	49
3.6.2. Különböző szemcseméretű őrlemények színjellemzőinek mérése 6 hónap tárolás után	50
3.7. Fűszerpaprika őrlemények színmérése nedvességtartalmuk változtatása közben	51
3.7.1. A nedvességtartalom meghatározása	51
3.7.2. A minták előkészítése és a szín mérése	51
3.8. Fűszerpaprika őrlemények színmérése olajtartalmuk változtatása közben	51
3.9. Fűszerpaprika őrlemény színmérése színezéktartalmának növelése során	52
3.9.1. Színmérés extrahált őrlemény színezéktartalmának növelése során	52
3.9.2. Színmérés az őrlemények színezék- és olajtartalmának növelése során	53
3.10. Színmérés a keverék őrlemények és komponenseik szíinkoordinátáinak összehasonlításához	54
3.10.1. Mérések laboratóriumi körülmények között	54
3.10.2. Mérések üzemi körülmények között	55
3.11. Feltételrendszer felírása a keverék őrlemények színjellemzőinek beállítására	55
3.12. Az alkalmazott matematikai, statisztikai módszerek összefoglalása	56
4. EREDMÉNYEK	58
4.1. A színmérés ismétlőképessége fűszerpaprika őrlemények esetén	58
4.1.1. A műszer ismétlőképessége	58
4.1.2. Ismétlőképesség azonos szemcseméretű őrlemények és a teljes őrlemények színmérésénél	59
4.1.3. A reprezentatív mérésszám meghatározása	60
4.2. Fűszerpaprika őrlemények vizuálisan és műszerrel mért jellemzők alapján meghatározott színkülönbségének kapcsolata	62
4.3. A szemcseméret hatása az őrlemények színjellemzőire	65

4.3.1. A különböző szemcseméretű őrlményfrakciók színjellemzőinek összehasonlítása	65
4.3.2. A teljes őrlmény és az egyes szemcseméret frakciók színjellemzőinek kapcsolata	69
4.3.3. A különböző szemcseméretű őrlmények színjellemzőinek változása a tárolás során	72
4.4. A nedvességtartalom hatása az őrlmények színjellemzőire	73
4.5. Az olajtartalom növelésének hatása az őrlmények színjellemzőire	78
4.6. Fűszerpaprika őrlmények színjellemzőinek alakulása színezéktartalmának növelése során	81
4.6.1. Az extrahált őrlmény színjellemzőinek változása színezéktartalmának növelése során	81
4.6.2. Az őrlmények színjellemzőinek változása színezéktartalmuk növelése során	83
4.7. A keverék őrlmények és komponenseik szíinkordinátáinak kapcsolata	85
4.7.1. A laboratóriumi mérések eredményeinek értékelése	85
4.7.1.1. Az azonos szemcseméret frakciójú őrlmények keverékekének szíinkordinátái	85
4.7.1.2. Az őrlmény keverékek szíinkordinátái	87
4.7.2. Az üzemi mérések eredményeinek értékelése	89
4.8. A célmintának megfelelően, a feltételrendszer alapján előállított őrlmények színjellemzői	91
4.9. Új tudományos eredmények	95
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	98
6. ÖSSZEFOGLALÁS	106
7. ABSTRACT	107
MELLÉKLETEK	108

1. BEVEZETÉS

A modern táplálkozási szokások a mesterséges ételszínező anyagok alkalmazása helyett ismét a természetes eredetű ételszínezékek használatát helyezik előtérbe. A fűszerpaprika mind hazai, mind világviszonylatban nagy mennyiségben termesztett és fogyasztott természetes eredetű színezőanyagként használt fűszernövény. A magyar fűszerpaprika örlemény még ma is hungaricumnak számít, melyet különlegessé tesz jellegzetes íze és aromája. A világ számos olyan területén termesztnek fűszerpapríkát, – mint például Spanyolország, Dél-Afrika, Dél-Amerika – amelynek időjárása hazánknál jobban kedvez a növény fejlődésének, illetve a minőségét döntően meghatározó piros színezék anyagok kialakulásának. A napsütéses órák magas száma ott lehetővé teszi, hogy a paprika mindig a tövön érjen be, így a feldolgozó üzemekbe magasabb színezéktartalmú alapanyag kerül. Ebből következik, hogy bár a magyar fűszerpapríkát egyedi aromája és illata teszi különlegessé, a hazai gyártóknak fokozott gondot jelent a megfelelő, világpiacon is versenyképes minőségű magyar fűszerpaprika örlemény előállítás.

Alkalmazási céljának megfelelően a fűszerpaprika örlemények legfontosabb értékmérő tulajdonságai színező képessége és színe. Ezek közül a vevő először a paprika örlemény színét érzékeli, és ennek alapján következtet színező képességére, annak ellenére, hogy míg az örlemények színező képességét egyértelműen meghatározza a benne található színezékanyagok mennyisége és azok összetétele, színét számos egyéb kémiai és fizikai tulajdonsága is jelentősen befolyásolja. Ez indokolja, hogy az örleménygyártás során különös gondot kell fordítani az elvárt színezéktartalom biztosítása mellett a megfelelő színérzet kialakítására.

A 2004-ben lezajlott, "paprika botrány"-ként emlegetett események is rávilágítottak annak fontosságára, hogy az örlemények színekialakítására eddig alkalmazott empirikus módszerek helyett szükséges a tudományosan megalapozott, objektív méréseken alapuló eljárások kidolgozása.

1993-ig a különböző minőségű örlemények színének a minősítéskor egy félévente hivatalosan megállapított jellegmintának kellett megfelelnie. Jelenleg vagy a gyártó készít egy minta sorozatot, és annak alapján kínálja termékeit, vagy a vevő adja meg a mintát, amelynek megfelelő színű örleményt kíván vásárolni.

A fűszerpaprika örlemények gyártása és minősítése során nem alkalmazzák a műszeres színmérés nyújtotta lehetőségeket.

Az üzemi gyakorlatban az örlemények színének kialakítása empirikus tények alapján történik, így a végeredmény nem prognosztizálható, ezért az előállított termék színe sokszor eltér az elvárt minőségtől. Ez már önmagában indokolná egy korszerűbb, műszerrel mért értékeken alapuló eljárás alkalmazását.

A fűszerpaprika őrlemény színének minősítését szintén objektív eszközök alkalmazása nélkül, kizárólag vizuálisan végzik. Ez több problémának forrása lehet. Ha a vizsgálat elvégzése nem megfelelő megvilágításban történik, akkor téves eredményt adhat. Másrészt a minősítők színre vonatkozó megállapításai gyakran eltérőek, esetenként ellentmondóak. Ez vitára adhat okot gyártó és vevő között. A leglényegesebb probléma pedig az, hogy ilyen módon a termék színének minőségi paraméterei számszerűen nem dokumentálhatóak. Így egy esetleges vevői reklamáció esetén nincs megfelelő bizonylat a termék minőségének igazolására. Ma már a paprikafeldolgozó üzemekben korszerű minőségügyi rendszernek kell működnie, aminek része kell, hogy legyen a gyártott termékek minőségének pontos dokumentálása. Ez előbb-utóbb szintén szükségessé teszi a műszeres színmérés bevezetését a minőség-ellenőrzés területén.

A fenti indokok alapján választottuk dolgozatunk témájául annak vizsgálatát, hogy milyen módon lehetne alkalmazni a műszeres színmérést a fűszerpaprika őrlemények gyártása és minősítése során és tűztük ki célul a fűszerpaprika őrlemények színjellemzőinek olyan komplex elemzését, amely a tudományos élet és a gyakorlat számára egyaránt hasznos eredményeket szolgáltat.

Ezért vizsgáltuk először, hogy milyen a műszeres színmérés ismétlőképessége fűszerpaprika őrlemények esetén illetve milyen mérésszám biztosítja a reprezentatív színjellemzőket.

A műszeres színmérés csak akkor alkalmazható a gyakorlat számára, ha megtaláltuk a kapcsolatot látásunk és a műszerrel mért paraméterek között, ezért szükséges volt elemezni, hogy az őrlemények színjellemzőinek milyen feltételrendszere alapján következtethetünk két minta összehasonlítása esetén a vizuálisan érzékelt különbség mértékére.

Az őrleménygyártói tapasztalatból is jól ismeret tény, hogy az őrlemény szemcsemérete, nedvességtartalma, olajtartalma és főként színezéktartalma jelentősen befolyásolja vizuálisan érzékelt színét. Munkánk során műszerrel mért értékek alapján vizsgáltuk a színváltozás mértékét és irányát a fenti fizikai és kémiai tulajdonságok változása során, és igyekeztünk meghatározni a paraméterek optimális színérzetet biztosító értékeit.

A nagyüzemi gyártás során előre megadott minőségi paraméterekkel rendelkező őrlemény előállítása a cél, ezért itt különösen fontos a pontos tervezés. Ebben az esetben a malmi őrlemények minőségi jellemzői – elsősorban a színezéktartalom – alapján a gyártandó őrlemény minőségének megfelelően kiválasztják a felhasználandó alapanyagokat és meghatározzák a megfelelő keverési arányt. Az adott minőség előírt beltartalmi jellemzőinek biztosítása nem okoz problémát, hiszen a keverés során ezek a tömegarányoknak megfelelően változnak. A meghatározott arány szerint próbakeverést végeznek, és az így kapott termék színét összehasonlítják a célminta színével. Ha eltérést észlelnek, akkor igyekeznek módosítani a keverési arányt. Ezért tartottuk fontosnak először annak vizsgálatát, hogy milyen kapcsolat van a keverék őrlemények a^* , b^* és L^* színekoordinátája és a komponensek színekoordinátái között, majd a kapott eredmények alapján hogyan adhatunk meg

egy olyan eljárást, amely segítségével ismert színjellemzőjű célminta és komponensek esetén meghatározható úgy a komponensek keverési aránya, hogy az előállított keverék színe vizuálisan megfeleljen a célminta színének.

Vizsgálatink során elvégzett mérések eredményei alapján levont következtetések támpontot adhatnak a műszeres színmérés alkalmazásához a fűszerpaprika őrlemény gyártása és minősítése során.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1.A fűszerpaprika örlemény gazdasági jelentősége és piaci helyzete

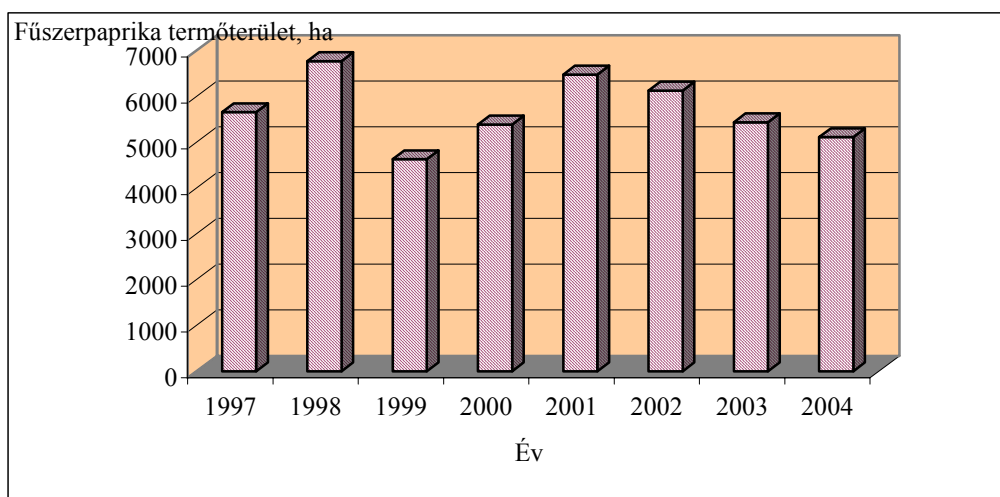
A fűszerpaprikát már körülbelül 300 éve használják hazánkban házi fűszerként, több mint 160 éve része a belföldi kereskedelemnek és már a XIX. század vége óta speciális export termékünk. (MÁRKUS és KAPITÁNY, 2001).

A fűszerpaprika termőterülete az 1900-as évek elején 3000-4000 hektár körül mozgott. Ez a terület kedvezőtlen időjárású években nem biztosított elegendő alapanyagot a feldolgozóiparnak, így már akkor is használták a termés kiegészítésére a külföldről – abban az időszakban elsősorban Spanyolországból – behozott olcsó fűszerpaprikát, és keverve a hazaival magyar terméként értékesítették (PÉNZES, 1967). A termőterület kisebb nagyobb ingadozásokkal fokozatosan növekedett, maximumát az 1970-es években érte el, mindegy 13000 hektárt, ami túltermelési válságot idézett elő. Ennek eredményeként a termőterület 6-8000 ha-ban stabilizálódott (MÁRKUS és KAPITÁNY, 2001), ami 2001-től fokozatosan csökkent.

A termelési mutatók alakulását 1997-2004 között az 1. táblázat és 1. ábra szemlélteti (MEZŐGAZDASÁGI STATISZTIKAI ÉVKÖNYV, 1997-2004).

1. táblázat A fűszerpaprika termelés termesztési és kereskedelmi adatai 1997-2004

Év	Betakarított terület, ha	Betakarított termés, t	Átlag termés, kg	Összes export, t	Összes import, t
1997	5655	45323	8014	4355	226
1998	6770	64619	9544	4834	230
1999	4627	33105	7154	5709	218
2000	5385	39969	7420	4557	448
2001	6476	59737	9224	5204	306
2002	6128	57059	9311	5177	277
2003	5436	37094	6823	5443	976
2004	5110	47851	9364	5150	980

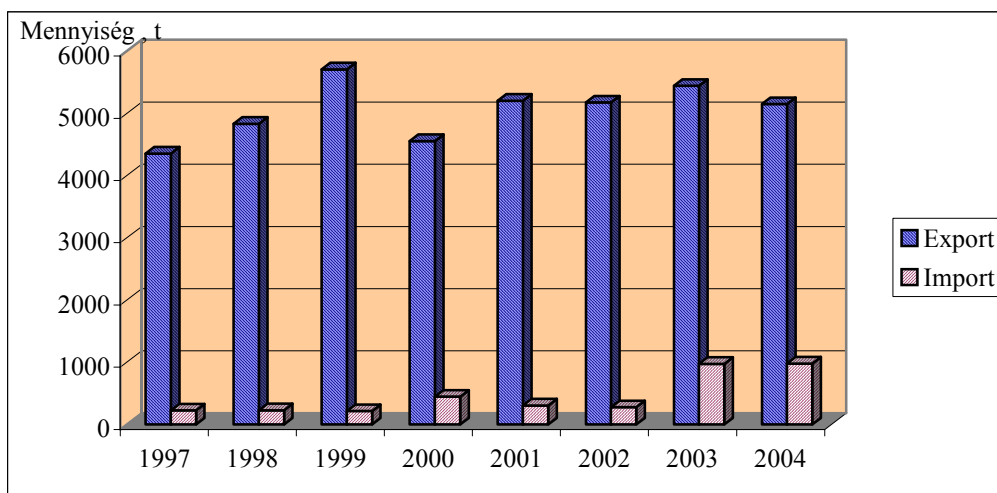


1.ábra A fűszerpaprika termőterületének alakulása 1997-2004 között

A csökkenést nyilván a hazai termesztés gazdaságtalansága indokolja. A paprika termesztése sok befektetést és munkát igényel, ugyanakkor a külföldről – Dél-Amerikából és Dél-Afrikából – importált olcsó paprika leszorítja az árakat. Ez a kedvezőtlen tendencia a külkereskedelmi forgalom alakulásában is megfigyelhető.

A fűszerpaprika őrlemény régóta fontos export cikkünk. A kivitel 1901-ben már közel 600 t volt (ERDEI, 1987). Ez némi visszaesést követően dinamikusan növekszik egészen 1939-ig, amikor meghaladja a 2000 t-t. A II. világháború okozta visszaesést követően az export lassan ismét növekszik, 1960-ra eléri a 3800 t-t (PÉNZES, 1967). A 70-es évek folyamán Spanyolországban és USA-ban termelés felfutás következett be, hazánknak mégis sikerült megőriznie addig kivívott pozícióját (PILLIS, 1987), a kivitel 1981-ben meghaladta a 12000 tonnát (STATISZTIKAI ÉVKÖNY, 1981). A fellendülést visszaesés követte. A 80-as években Brazília is megjelent magas színezéktartalmú őrleményével a világpiacon. A 90-es évektől további dél-amerikai országok (Peru, Chile) termékei tűnnek fel a világpiacon a Dél-Afrikából származó őrleményekkel együtt. Ezek az őrlemények magasabb színezék tartalmúak a magyar fűszerpaprikánál, de ízük jellegtelen, nélkülözik a hazai paprika különleges illatát és aromáját. A felhasználók a kétféle őrlemény előnyösebb tulajdonságait egyesítve gyakran keveréküket alkalmazzák (SZENESNÉ, 1996). Mindezek következtében csökkent részesedésünk a világpiacon. Az 1980-as évek végén a világ fűszerpaprika termeléséből, exportjából Magyarország 13-15%-ban részesült. Ez az arány már 1995-re 9-10%-ra csökkent (LAKATOS, 1997).

Az import-export alakulását 1997-2004 között leolvashatjuk az 1. táblázatról és a 2. ábra is szemlélteti. (MEZŐGAZDASÁGI STATISZTIKAI ÉVKÖNYV, 1997-2004).



2.ábra A fűszerpaprika export és import alakulása 1997-2004 között

Láthatjuk, hogy még 1997-től 1999-ig állandó import mellett az export növekedett majd állandósult export mellett 2003-tól növekedett az import. Az őrleményt gyártók egyre jelentősebb mennyiségben használnak fel külföldi alapanyagot. Az importált, jó színező képességű, de esetenként toxikus, esetenként mikrobiológiailag szennyezett paprika felelőtlen felhasználása nem tesz jót a magyar paprika hírnevének. Mind az őrleménygyártás során alkalmazott korszerű módszerekkel, mind a paprikatermelési kedv megfelelő növelésével törekednünk kell arra, hogy a fűszerpaprika őrlemény megmaradjon hungarikumnak.

1.1.A fűszerpaprika növény

1.1.1. A paprika növény eredete, őshazája és elterjedése Magyarországon

A paprika őshazájának Amerikát tekintik. Számos tárgyi bizonyíték tanúskodik arról, hogy Peru területén már 3000-4000 évvel ezelőtt termesztették (SZŰCS, 1975). Európába Kolombusz hozta be a XV. század végén (BÁLINT,1962), de csak a XVI. század közepétől kezdett elterjedni, mert olcsósága miatt megjelenése komoly veszteséget okozott a borssal és egyéb fűszerekkel kereskedőknek, ezért kezdetben igyekeztek kiirtani. Ebben az időben jelent meg Magyarországon is, mint növény ritkaság. Ezután hosszú idő telt el, míg a Zrínyi Miklós nevelő anyja által piros törökborsnak nevezett dísznövény rendszeres termesztése megindult (SOMOS, 1985).

Legkorábban az 1700-as évek közepén, csaknem egyidejűleg, Szeged és Kalocsa környékén indult meg a fűszerpaprika termesztése. Nagyobb arányú szántóföldi termesztése hazánkban a XIX. század első felében bontakozott ki. Ekkorra már porrá örölve nemzetközi kereskedelmi cikké vált.

Ugyanebben az időszakban indult fejlődésnek a feldolgozóipar is. Szegeden már 1839-ben működött paprikamalom, a feldolgozás kis és középüzemei az 1860-1900-as években jöttek létre. A paprikamalmok eleinte lóerővel, szélérővel, vízenergiával majd gőz- végül elektromos energiával működtek. 1934-ben zárt termesztési körzeteket ismertek el Magyarországon. 1949-től a feldolgozás koncentráltódott. Megalakult a Fűszerpaprika- Termeltető és Feldolgozó Nemzeti Vállalat, létrejöttek a Kalocsai és a Szegedi Paprikafeldolgozó Vállalatok (SZENESNÉ, 1996). Később a változó körülmények hatására az állam megszüntette a zárt termelési körzeteket, a termesztési körzetek kiszélesedtek. Ezt követően erősödött a kisüzemi és csökkent az állami feldolgozás.

Ma a két nagyobb paprikafeldolgozó vállalat mellett számos kisvállalkozás épül a fűszerpaprika termesztésére és feldolgozására.

1.1.2. A fűszerpaprika rendszertani helye és jellemzői

A paprika nemzetség (*Capsicum* genus) a burgonyafélék (*Solanaceae*) családjába tartozó növényfajta. Ezen belül 30-35 alfaj van.

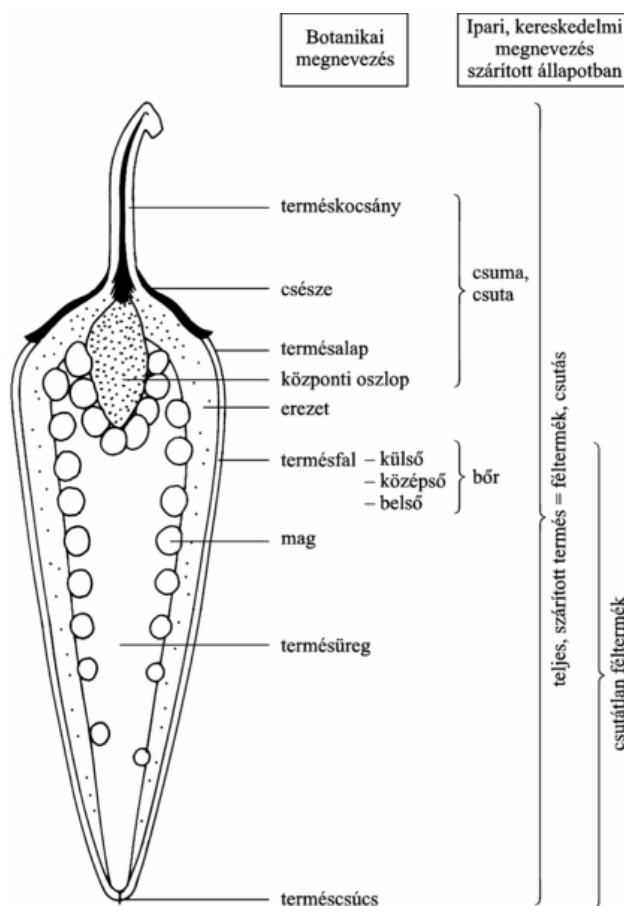


3. ábra A fűszerpaprika növény

Az alfajok közül fűszerpaprikának azt tekintjük, mely jellegzetesen nagy színezék tartalmú, többkevesebb fűszerező hatása van, megszártva jól és jó kihozattal őrölhető.

Az 3. ábrán a fűszerpaprika növényt láthatjuk. A Magyarországon termesztett valamennyi fűszerpaprika-fajta a *Capsicum annuum* var *Longum* fajba sorolható. A Közép- és Dél-Amerikában valamint Ázsiában a *C. chinense*, a *C. frutescens*, a *C. pubescens* és a *C. baccatum* var. *pendulum* fajok termesztett változatai, fajtái ismertek és jelentősek (MÁRKUS és KAPITÁNY, 2001).

A fűszerpaprika termését a 4. ábrán láthatjuk. A fűszerpaprika termése bogyótermés, melynek valamennyi része – a kocsány kivételével – gazdasági szempontból értékes. A termés legértékesebb része a termésfal középső része, melyben a fűszerpaprika színezőanyagai képződnek és raktározódnak el. Ezek közül a legfontosabbak a piros színezékek, a kapszanthin és a kapszorubin. Az erezen helyezkednek azok a mirigyek, melyek a paprika csípősségét okozó kapszaicint zárják magukba (MÁRKUS és KAPITÁNY, 2001).



4. ábra A fűszerpaprika termése

Hazánkban számos fajtát termesztnek. A fajta helyes, a termőhelyi körülményeknek és az alkalmazott termesztési módnak megfelelő megválasztása meghatározza a termesztés sikerét. A magyar fajták mindegyikére teljesül azonban, hogy az Alföld szárazjellegű éghajlatának és különleges paprikatalajának hatására a *Capsicum annuum* növényfaj olyan tökéletes fűszernövénye, amit különleges íze, illata, aromája megkülönböztet minden más *Capsicum*-genus fajtától. Ez az egyedi tulajdonsága biztosítja helyét a világpiacon a nála nagyobb színezéktartalmú, ezért jobb színező képességű spanyol, dél-afrikai és dél-amerikai örlemények között.

1.1.3. A fűszerpaprika növény életteni tényezői

A fűszerpaprika növény megfelelő fejlődéséhez - elsősorban hogy a csövek (termésfal) megfelelő nagyságúra növekedjen, és benne minél nagyobb mennyiségben termelődjenek az értékét meghatározó színezék anyagok - szükség van bizonyos életteni tényezők teljesülésére. Ezek közül a legfontosabbak a megfelelő hőmérséklet, sok napsütés, a fejlődés bizonyos fázisaiban elegendő víz és a jó termőföld.

- ✓ *Hőigény:* A fűszerpaprika őshazája a napos és meleg trópusi éghajlati övben van. Így kifejezetten hőigényes növény, a hőmérsékletre reagál a legérzékenyebben. A hőigény eltérő az egyes fejlődési stádiumokban, fejlődési stádiumtól függően $25 \pm 5-7$ °C. Az eredményes termesztetőséget nagyrészt a késő tavaszi és a kora őszi fagyok veszélyeztetik, és negatívan befolyásolja fejlődését a nagy hőingadozás is.
- ✓ *Fényigény:* Szintén származási helyének éghajlata következtében a fűszerpaprika fényigényes növény. A fény erőssége és a megvilágítás hossza befolyásolja a fejlődés és növekedés gyorsaságát, a tenyészidő hosszát, az érés koraiságát. Hazai viszonyok között a fűszerpaprika termelése ott eredményes, ahol a tenyészidőszak alatt a napsütéses órák száma eléri, illetve meghaladja az 1500 órát. Fokozott a napfény igénye augusztus-szeptember-október hónapokban.
- ✓ *Vízigény:* A fűszerpaprika májustól szeptemberig átlagosan havonta 30-40 mm csapadékot igényel. Nagyobb a csapadékigénye júniusban és júliusban, a virágzás és termés kötés időszakában. A szárazságot csak augusztus közepétől tűri.
- ✓ *Tápanyagigény:* A fűszerpaprika tápanyaggal szemben igényes növény. 10 t nyers terméshez N-ből 137 kg/ha, P₂O₅-ből 27 kg/ha, K₂O-ból 141 kg/ha tápanyagmennyiséget vesz fel a talajból. A nitrogén és a foszfor felvétel maximumát virágzáskor mérhetjük. A káliumfelvétel

legnagyobb értéke is virágzáskor tapasztalható, majd csökken a beépülés mértéke. (PÉNZES, 1967, SOMOS, 1985, MÁRKUS és KAPITÁNY, 2001)

Hazánkban tehát több időjárási tényező is kedvezőtlenül befolyásolhatja a fűszerpaprika termés mennyiségét és minőségét. A májusi fagyok gyakran késleltetik a palánták kiültetését. Ha ugyanakkor október elején már fagy, akkor a termés nem tud beérni, színezéktartalma alacsony lesz, így belőle nem készíthető jó minőségű, szép piros örlemény. Ha júniusban és júliusban szárazság van és nincs lehetőség öntözésre, a termés csövek kicsik lesznek, így részben kevés lesz a termés, részben a bőr-csuma arány rossz lesz, ezért a színezéktartalom is alacsony lesz. A kedvezőtlen időjárás negatív hatása jól látszik az 1.táblázatban feltüntetett egy hektárra eső átlagtermés értékek erős ingadozásán. Például kiemelkedően alacsony a 2003 évi adat, amikor a termesztés alföldi területein júliusban, amikor a növény leginkább igényli, alig esett csapadék (MEZŐGAZDASÁGI STATISZTIKAI ÉVKÖNYV, 2003).

1.1.4. A fűszerpaprika táplálkozási értéke és kémiai összetétele

A fűszerpaprikát megnyerő piros színe, színező képessége, étvágyat növelő illata, fűszerező zamata, édes vagy csípős íze igazi magyar fűszerré tette. Ételek színezésére régóta használják nem csak a magyar konyha ételeiben, hanem világszerte az egyik legelterjedtebb természetes eredetű élelmiszer színezék. A modern táplálkozási szokások egyre inkább visszatérnek a természetes anyagok használatához, így a fűszerpaprikát színező képessége még fontosabbá teszi. Kedvező tulajdonságai fokozzák az emésztőnedvek termelődését is, kapszaicin tartalma gyorsítja az emésztést.

A fűszerpaprika legfontosabb alkotóelemei:

- ✓ Víz: mennyisége 25-85 % között változik, attól függően, hogy a termés betakarítása mely érési stádiumban válik szükségessé, illetve, hogy az időjárás lehetővé teszi-e a paprika tövön történő szárítását. A hazai időjárási viszony között általában 78-82%. A paprika nedvességtartalma erősen befolyásolja a belőle készíthető örlemény minőségét, mert az őrlés elvégzéséhez szárítással 5-6%-ra kell csökkenteni és még a legkíméletesebb mesterséges szárítás is komoly hő stressz, mely 20-30% színezékvesztéssel jár (KANNER et al., 1977; CARNOBELL et al., 1986; LASKAYNÉ, 1987; LUNING et al., 1995; IBRAHIM et al., 1997; MIMNGUEZ-MOSQUERA et al., 2000; DOYMAZ és PALA, 2002).

- ✓ Színezékanyagok: ezek a fűszerpaprika legértékesebb összetevői, mennyiségük - azon belül is a piros színezékek aránya - alapvetően meghatározza minőségét. Jelentőségük miatt a következő pontban a dolgozat részletesen tárgyalja összetételüket.
- ✓ Kapszaicin: a paprika csípősségét okozó szintelen, maró, csípős ízű kristályokat alkotó alkaloid jellegű anyag. Jelenléte a paprikában genetikai tulajdonság, a teljesen csípmentes paprikából hiányzik. Főként az ereken és a magban képződik, a termésfalban kisebb mennyiségben mutatható ki (SOMOS, 1985).
- ✓ Vitaminok: az A-vitamin provitaminjai - α -karotin, β -karotin és kriptoxantin -, B₁ és B₂-vitamin, valamint C-, és P-vitamin. A paprikában lévő C-vitamin felfedezése Szent-Györgyi Albert nevéhez fűződik. A beérett paprikában igen nagy a C-vitamin tartalom, ez azonban az utóérés és feldolgozás folyamán erősen bomlik, és az őrleményben már csekély mennyiségben van jelen. A P-vitamin a vérerek áteresztőképességére van hatással. (SZENESNÉ, 1996).
- ✓ Szénhidrátok: cukor, pektin, cellulóz és egyéb nyersrostok. A cukor nagyjából fruktóz és glükóz, de kimutatták a szacharóz jelenlétét is. Mennyiségük erősen függ az érési stádiumtól, fajtától, időjárási viszonyoktól. Jelentős szerepük van az őrlemény jellegzetes íz harmóniájának kialakulásában. (SOMOS, 1985)
- ✓ Zsírsavak, zsíros olajok: mennyiségük a termésfalban 4-6%, a magban jelentős, 40-45%. Főként olajsav, linolsav, linolén sav, stearinsav, de kimutatható még palmitinsav, karnauba és mirisztinsav is. Nagy szerepük van a vizuális színérzet kialakításában az által, hogy az őrlés során keletkező hő hatására a magsejtekből kifolyó olaj feloldja a színezékeket és megfelelő technika alkalmazásával befesti a az esetlegesen nem piros alkotórész szemcséit is, így a színhatás egységesebb lesz. (SZENESNÉ, 1996)
- ✓ Fehérjék: igen kis mennyiségben mutathatók ki, az aminosavak leginkább fenilalanin, leucin, isoleucin, lisin és treonin. (SOMOS, 1985). Vizsgálatával keveset foglalkoztak, mivel csekély mennyisége miatt sem technológiai, sem pedig minőség megőrzési szempontból nincs jelentősége. Az íz hatás kialakulásában lehet szerepük.
- ✓ Illatanyagok: forrása az olajtartalom, a cukor- és fehérjetartalom reakcióterméke, valamint a karamellképződés. Jelenlétükről egyszerű szaglással meggyőződhetünk, az őrlemény fontos érzékszervi jellemzőjét határozzák meg. Vizsgálatukkal az utóbbi

időkben kezdtek foglalkozni. HUSZKA ET AL. (1983) különböző őrlemények aroma anyagait gáz kromatográffal vizsgálták és a csúcsok azonosítása nélkül az aromagrammok alapján csoportosították a mintákat. KORÁNYI ÉS AMTMANN (1997) szintén gázkromatográf segítségével vizsgálta a fűszerpaprika aromaanyagait. KOCSIS et al. (2003) kalocsai paprika illatanyagát elemezve 173 összetevőt azonosított és azt találta, hogy a csípős paprika gazdagabb aromaanyagokban.

- ✓ Antioxidánsok: számos tokoferol izomer, valamint a vitaminok között már említett aszkorbinsav. Legértékesebb a magban található γ -tokoferol, és a bőrben kimutatott α -tokoferol melyeknek fontos szerepük van a zsírok-olajok avasodásának gátlásában és a színezékbomlás csökkentésében. Több kutató egyértelműen kimutatta, hogy a magasabb antioxidáns tartalmú őrleményeknél kisebb a színezéktartalom veszteség a tárolás során (ZACHARIEV et al., 1987; BIACS et al., 1992; MÁRKUS et al., 1999, RODRIGES et al., 1999a), illetve a színanyagok bomlását gátolják az őrleményhez adott antioxidánsok (BIACS et al., 1992; OSUNA-GARCIA et al., 1997; MÁRKUS et al., 1999; LANDRON DE GUEVARA et al., 2002; MORARIS et al., 2002). Magas tokoferol tartalma miatt a magtartalom növelése az őrleményben hasonlóan pozitív hatású a színezékstabilitásra (OKOS et al., 1990; PEREZ et al., 1999; VARON et al., 2000)
- ✓ Ásványi anyagok: elsősorban kálium, valamint nátrium, kalcium, foszfor, vas, réz és mangán. (SOMOS, 1985)

1.1.4.1. A fűszerpaprika színezék anyagai

A fűszerpaprika színezékanyagainak mennyisége, összetétele alapvetően meghatározza a belőle készített őrlemény minőségét. Vizsgálataikkal számos kutató foglalkozott és foglalkozik napjainkban is. A színezékanyagok összetételén túl a minőségmegőrzés fontos kérdése a pigmentek stabilitása, illetve bomlásának, károsodásának mértéke a feldolgozási folyamat egyes lépései és a tárolás során.

A színezékanyagok összetételének feltárásában az első jelentősebb eredmény ZECHMEISTER és CHOLNOKY (1931) nevéhez fűződik. Megállapították, hogy a főbb színezék anyagok a kapszantin és a kapszorubin, de kimutatták a kriptoxantint, a β -karotint, a zeaxantint és a luteint is. Ezek közül a kapszantin és a kapszorubin piros, még a többi sárga színezék. CURL (1962) kimutatta még a violaxantint, a kriptokapszin és az anteraxantin jelenlétét is. Hasonló eredményre jutott számos más

kutató is (VINKLER és RICHTER, 1972; BARANYI et al.,1982; MINGUEZ-MOSQUERA,1984; FISCHER és KOCSIS, 1987; GREGORY et al., 1987; ACZÉL, 1988; BIACS et al., 1989; ALMELA et al., 1990; MINGUEZ-MOSQUERA és HORNERO-MENDEZ, 1993; MÁRKUS et al., 1999), vizsgálataik során rámutatva arra a fontos tényre, hogy a színezék anyagok mennyiségét és arányát erősen befolyásolja a fajta, a termesztési és időjárási körülmények, valamint a paprika érési stádiuma a betakarításkor.

A 2. táblázatban a fűszerpaprika színezék összetételét mutatjuk be az irodalmi adatok alapján.

2.táblázat A fűszerpaprika színezék összetételi arányai, %

Színezék megnevezése	A kutató neve és a vizsgálat ideje			
	<i>Cholnoky</i> 1937	<i>Curl</i> 1962	<i>Baranyai</i> 1982	<i>Minguez-M.</i> 1993
Kapszantin	52-60	34,7	38,1	48,3-54,4
Kapszantin5,6 epoxid		0,9	2,6	3,8-4,2
Cis- kapszantin				5,3-6,2
Kapszorubin	10-18	11,6	18,6	5,5-5,8
β -karotin	8-13	9,9	7,9	5,3-7,3
Violaxantin	-	6,7	4,2	5,5-6,2
Kriptoxantin	3-5	6,4	9,5	3,7-5,6
Kriptokapszin		4,3	1,8	
Zeaxantin	8-10	2,3	4,0	4,2-7,3
Cis-zeaxantin				0,4-0,6
Anteraxantin	-	1,6	5,0	3,2-3,4
Lutein	8-10			6,5-7,2

A táblázat értékei jól mutatják, hogy az előzőekben felsorolt tényezők milyen szóródást okoznak az arányszámok alakulásában.

MÁRKUS et al. (1999) magyar, spanyol és bolgár fajták esetén az időjárás hatását vizsgálva megállapította, hogy hűvös esős időjárás esetén megnövekszik a β -karotin aránya. Ugyanakkor kimutatták, hogy a nem megfelelő érési stádiumban történő aratás alacsonyabb karotenoid mennyiséget eredményez.

RODRIGUES et al. (1999b) magyar, spanyol, dél-afrikai, dél-amerikai és portugál paprika fajták színezék anyagait HPLC segítségével hasonlította össze. Céljuk olyan módszer kidolgozása volt, ami alkalmas a paprika eredetének meghatározására. Bár több eltérést kimutattak a minták között, a problémát nem sikerült megoldaniuk.

MINGUEZ-MOSQUERA et al. (1984, 1992, 1994, 1997, 2000) spanyol fajták színezékanyagainak vizsgálata során különbséget találtak a piros/sárga színezék arány tekintetében, és kimutatták, hogy a magasabb piros/sárga színezék arányú paprikából jobb színező képességű és szebb színű őrlemény készíthető. Munkájuk során arra a megállapításra jutottak, hogy az összes színezéktartalom mellett szükséges a piros/sárga színezék arány meghatározása is a paprika minőségének pontos megadásához. A munka folytatásaként HORNERO-MENDEZ és MINGUEZ-MOSQUERA kidolgozott egy eljárást, melynek alkalmazásával a színezékanyagok acetonos oldatának spektrofotométerrel 472nm illetve 508nm hullámhosszon mért abszorbanciájából egyszerűen meghatározható a piros/sárga színezékarány.

BORONAT et al. (2002) kimutatták, hogy a fajta mellett a termőtalaj hatását az összes pigment tartalom alakulására. Azt tapasztalták, hogy a talaj alacsony foszfor és kálium tartalma esetén csökken a színezéktartalom.

A termesztési körülmények hatását igazolja DERERA et al. (2005) Ausztráliában folytatott termesztési kísérletének eredménye. Különböző kalocsai és szegedi paprika fajták termesztése során a termés színezéktartalma átlagosan 30%-kal magasabb volt, mint hazai viszonyok között.

Több szerző kimutatta, hogy a paprika korai, nem érett állapotban történő leszedése – amire sajnos a hazai éghajlati viszonyok között gyakran rákényszerül a termelő – alacsony színezéktartalmat és ezen belül a piros színezékek csökkenését vonja maga után (KANNER et al., 1977; ISIDORO és MTASI, 1995; MÁRKUS et al., 1999; KRAJAYKLANG et al., 2000).

Láthatjuk, hogy a fűszerpaprika őrlemény alapanyagának színezéktartalmát, következésképpen színét még a feldolgozás megkezdése előtt igen sok tényező befolyásolja.

1.2. A fűszerpaprika őrlemény

A fűszerpaprika őrlemény a fűszerpaprika növény beérett és megszáritott termésének megőrlésével nyert termék (MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV, 2-8720 számú irányelv, 1997).

Az őrleményeket az irányelv fizikai, fizikai- kémiai, kémiai és érzékszervi jellemzőik alapján az 3. táblázatban látható 4 minőségi csoportba sorolja.

A táblázat a fontos kémiai jellemzőkre alsó illetve felső korlátot állapít meg a minőségi osztálynak megfelelően. Ezenkívül tartalmazza az szemcseméretre vonatkozó előírásokat.

Az irányelv az érzékszervi bírálatához nem írja elő műszerrel mért jellemzők, ezen belül színjellemzők használatát.

3.táblázat A fűszerpaprika- őrlmények minőségi csoportok szerinti fizikai, fizikai- kémiai, illetve kémiai jellemzői

Minőségi csoportok	Különleges	Csemege	Édesnemes	Rózsa
Minőségi jellemzők	Követelmények			
Összes színezéktartalom, legalább (g/kg)	4,0	3,5	3,0	2,0
ASTA egység	130,0	110,0	100,0	65,0
Nedvességtartalom, legfeljebb, % (m/m)	11,0	11,0	11,0	11,0
Éteres kivonat, legfeljebb, % (m/m)	17,0	17,0	17,0	17,0
Őrlési finomság, adott szitaméreten áteső rész (%), Szitaméret (mm)	100 0,5	100 0,5	100 0,63	100 0,63
Homoktartalom, szárazanyagra vonatkoztatva, legfeljebb (%) (m/m)	0,4	0,5	0,6	1,0

Az érzékszervi tulajdonságokat az irányelv a következőképpen fogalmazza meg:

✓ Különleges fűszerpaprika őrlemény

Homogén őrlésű, egyöntetű megjelenésű, megfelelő őrlési finomságú, élénk, tűzpiros színű, fűszeres illatú, édeskés, jellemző paprika ízű.

✓ Csemege fűszerpaprika őrlemény

Homogén őrlésű, egyöntetű megjelenésű, megfelelő őrlési finomságú, piros, világosabb piros, sárgáspiros alapszínű sárgásbarnás árnyalattal, jellegzetes illatú és ízű.

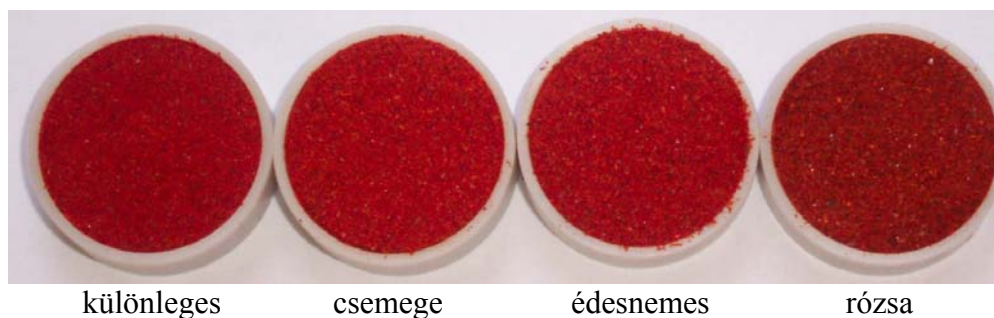
✓ Édesnemes fűszerpaprika őrlemény

Homogén őrlésű, kissé mozaikos megjelenésű, megfelelő őrlési finomságú, piros színű, világosabb piros, vagy sárgáspiros, illetve enyhén sárgásbarnás árnyalatú, jellegzetes illatú és ízű.

✓ Rózsa fűszerpaprika őrlemény

Homogén őrlésű, kissé mozaikos megjelenésű, megfelelő őrlési finomságú, fakó piros alapszínű, sárgásbarnás árnyalattal, jellegzetes illatú és ízű, enyhén csípős.

Az 5.ábrán különböző minőségi osztályba sorolt őrleményeket mutatunk be.



5. ábra Különböző minőségi osztályba sorolt fűszerpaprika őrlemények

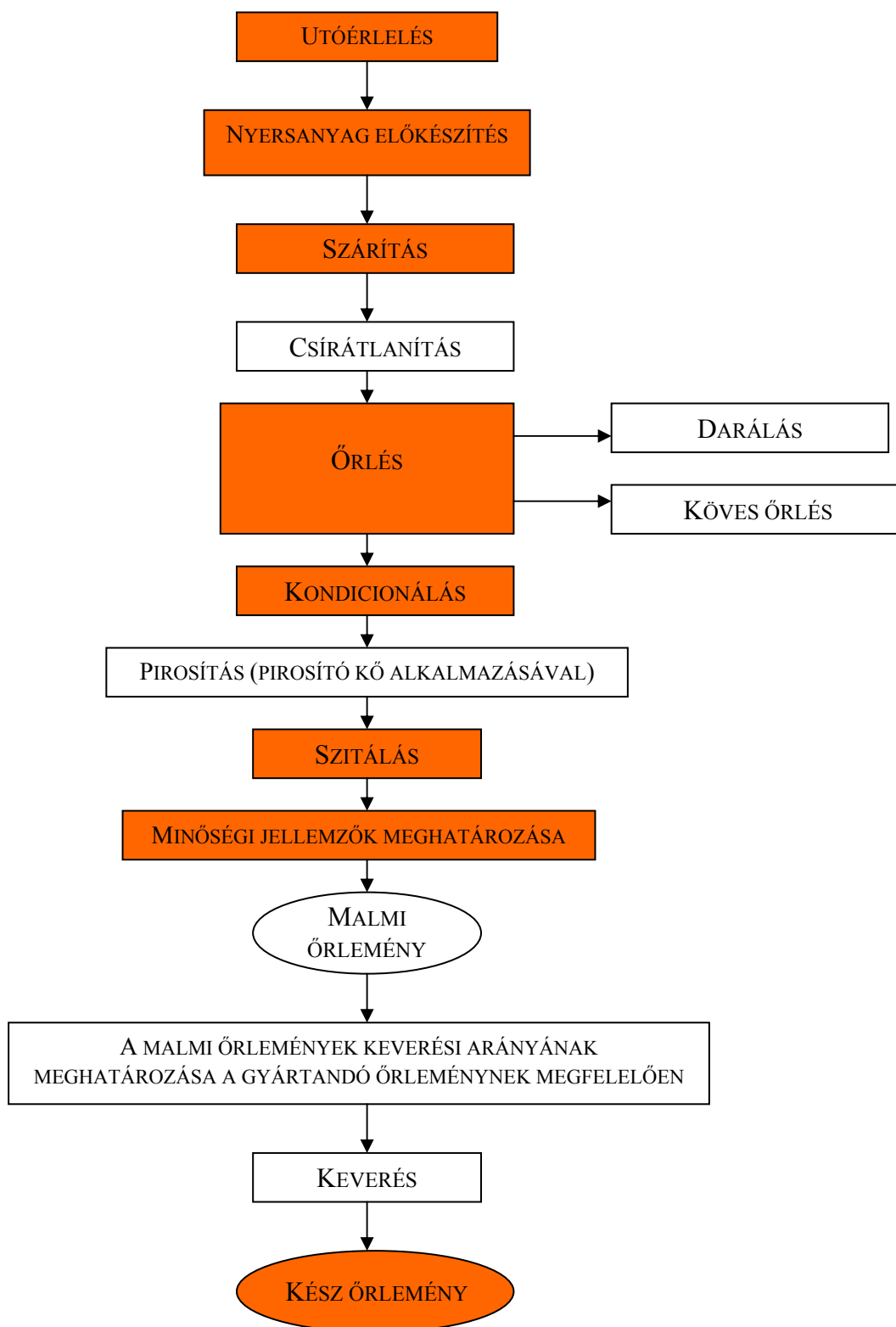
1989-ig minden minőségi kategóriához tartozott egy hivatalosan meghatározott szín jellegminta, melyet 3 havonta aktualizáltak. Ma vagy a gyártó készít szín jellegminta sort, és annak alapján ajánlja termékeit, vagy a vevő adja meg a színmintát.

2.3.1 A fűszerpaprika őrleménygyártás technológiája

A 6. ábrán egy általános gyártási technológia folyamatábráját mutatjuk be. Ettől kisebb-nagyobb eltérést tapasztalhatunk a különböző feldolgozó üzemekben. Pirossal jelöltük azokat az elemeket, melyek a technológia elmaradhatatlan lépései.

Azt, hogy egy adott fűszerpaprika feldolgozóban milyen gyártási technológiát alkalmaznak leginkább az üzem mérete határozza meg. A kisüzemi feldolgozásban általában több a kézi munka, ez esetenként gondosabbá, körültekintőbbé teheti a nyersanyag előkészítését. Ugyanakkor nincs lehetőség csírátlánításra, hiszen ez egy elég költséges berendezést igényel, így az itt előállított termék nem minden esetben megfelelő mikrobiológiailag, és nem is felel meg az erre vonatkozó előírásoknak. Jelentősebb eltérést még az alkalmazott aprító berendezéseknél találhatunk. A kisüzemekben általában kalapácsos darálót alkalmaznak, és nincs pirosító köves őrlés a technológiában. Az így készült őrlemények általában magasabb színezéktartalom esetén is kevésbé tetszetős, szép piros színűek. Emellett, ha elmarad az őrlés következtében felmelegedett termék megfelelő szellőztetése, hűtése az őrleményben gyors avasodási folyamat indulhat meg.

A technológiai lépések az alapanyag mellett döntően meghatározzák a fűszerpaprika őrlemény minőségét, és különbözőképpen befolyásolják az őrlemény színezéktartalmát és színét. A következőkben ebből a szempontból tekintjük át a feldolgozási folyamat egyes műveleteit.



6. ábra Az őrleménygyártás folyamatábrája

✓ Utóérlelés.

Utóérlelésnek azt az időszakot nevezzük, amely a paprika pirossá érése és a feldolgozás megkezdése között eltelik.

A megfelelő utóérlelés során a természetes szikkadás hatására a nedvességtartalom csökkenésével a cukortartalom is csökken, a paprika klorofil tartalma teljes egészében átalakul piros és sárga színezékké, illetve az összes színezéktartalmon belül növekszik a piros színezékek aránya. Tehát ekkor stabilizálódnak a paprika minőségét döntően meghatározó karotinoidok és aroma anyagok. Különösen fontos ez a hazai időjárási viszonyok mellett, ahol a korai fagyok vagy a túl sok csapadék a termelőt gyakran arra kényszerítik, hogy a termést a teljes érés előtt leszedje. Több kutató mérési eredményekkel igazolta, hogy az utóérlelés során a paprika színezéktartalma 30-40%-kal is növekedhet (ISIDORO et al., 1995; IBRAHIM és MTSA, 1997; KRAJAYKLANG et al., 2000; MÁRKUS et al., 1999; MÁRKUS és KAPITÁNY, 2001; VASTAG, 2003). A színezéktartalom növekedése mellett, fontos a nedvességtartalom csökkenése is, mivel alacsonyabb nedvességtartalom esetén, kíméletesebb lehet a mesterséges szárítás, ami részben megóvjá a paprikát a túlzott hő stressztől, másrészt komoly energia megtakarítást is eredményez.

Nagyon fontos azonban, hogy az utóérlelés olyan körülmények között, és csak annyi ideig történjen, hogy a termést penészedés és baktériumok ne károsítsák. Ellenkező esetben a minőség javulása helyett csökken a színezéktartalom, magas lesz a csíraszám, és a gombatoxinok fogyasztásra alkalmatlanná tehetik a paprikát. A gombatoxinok megjelenését feltétlenül meg kell akadályozni, hiszen míg a baktérium fertőzés hatását a csíráatlanítás során csökkenteni lehet, addig a toxinok nem távolíthatók el az őrleményekből. Hatásukról sokat olvashattunk 2004 végén, amikor a Dél-Amerikából az országba került gombafertőzött paprika akár kisebb arányú felhasználása az őrleménygyártás során azt eredményezte, hogy több tonna termék fogyasztásra alkalmatlanná vált.

✓ Nyersanyag előkészítés.

A nyersanyag előkészítés során eltávolításra kerülnek a romlott, esetleg kifakult vagy nem teljesen érett termés részek, majd többszöri mosással megtisztítják a paprikát a szennyeződésektől.

✓ Szárítás.

A szárítás során a paprika nedvességtartalmát 6-8%-ra csökkentik, hogy jól roppantható és őrlhető legyen.

A szárításkor a vízelvonására általában meleg (80-85°C) –os levegőt alkalmaznak. Legelterjedtebbek az aknás és a szalagszáritók (MÁRKUS és KAPITÁNY, 2001).

A szárítás a feldolgozás kritikus lépése, mert hirtelen hő közlés hatására a paprika értékét, minőségét döntően meghatározó színezék, aroma és illatanyagok károsodnak. Számos kutató foglalkozik a fűszerpaprika szárítás kinetikájával. Elemezik az értékes komponensek változását a szárítás során, illetve keresik azokat az optimális paramétereket, melyek alkalmazásával a paprika legjobban megtartja színezékanyagait, ezáltal szebb színű örlemény készíthető belőle (LEASE és LEASE, 1956; 1962; LASKAYNÉ, 1987; LEE et al., 1992; MINGUEZ-MOSQUERA et al., 2000; RAMESH et al., 2001; SHIN et al., 2001; DOYMAZ és PALA, 2002; KIM et al., 2004; PEREZ-GAMEZ et al., 2005; SIMAL et al., 2005). A szerzők különböző fajták és eltérő paraméterű szárítási eljárások vizsgálata során bizonyítják és írják le az egyes színezékanyagok bomlásának mértékét. Hangsúlyozzák, hogy a paprikát érő hő stresszt a szárítási hőmérséklet csökkentésével minimálisra kell csökkenteni. Egyidejűleg kimutatták, hogy a szárítás során az antioxidánsok mennyisége is csökken, ami károsan befolyásolja a későbbiekben az örlemény színezék stabilitását (ZACHARIEV et al., 1987; BIACS et al., 1992; MÁRKUS et al., 1999, RODRIGES et al., 1999a). Emellett a 90°C feletti hőmérséklet a termésfal barnulását okozhatja (IBRAHIM et al., 1997).

✓ Csíráatlanítás.

A csíráatlanítás célja annak biztosítása, hogy a szárított fűszerpaprika mikrobiológiai paraméterei megfeleljenek az előírásoknak. Alkalmazása ma már a modern feldolgozási technológia elengedhetetlen része. A hazai forgalmazás esetén a fűszerekre vonatkozó előírásokat kell figyelembe venni, külföldi megrendelő esetén a vevő követelményeinek kell megfelelni.

Hazánkban a nagynyomású telített gőzt impulzus jelleggel befecskendező sterilizáló berendezések terjedtek el. A gyakorlat igazolta ezek csíraszegényítő hatását, de sajnálatos módon az eljárás érzékelhető színezékbomlást és színváltozást okoz, illetve negatívan befolyásolja az örlemény tárolás alatti szín és színezékstabilitását (CSICSIRKÓ, 2003; KISPÉTER et al., 2003). Ez indokolja egyéb eljárások alkalmazási lehetőségének a tanulmányozását.

Az ionizáló sugárzás alkalmazása megfelelő mikrobiológiai tisztaságot eredményez, és nem okoz jelentős színezékbomlást, illetve érzékelhető színváltozást (FEKETE-HALÁSZ és KISPÉTER, 1996; NIETO-SANDOVAL et al., 2000; CSICSIRKÓ, 2003; KISPÉTER, 2003). Mivel a mai napig vitatják, hogy a módszer használata után találhatók-e sugárzási maradékok az örleményben, így érthető a gyártók idegenkedése az eljárás bevezetésétől.

✓ Örlés

Az örlés során a paprikát maximum 500 µm illetve 630 µm szemcse méretű részekre aprítják.

Az örlés történhet kalapácsos daráló, hengerszék illetve köves malom segítségével. A kalapácsos darálókat általában kis és középüzemek használják. A nagyobb üzemekben általában több aprító berendezés egymást követő alkalmazásával állítják elő az őrleményt. A jelenlegi nagyüzemi gyakorlatban daráló segítségével előaprítják a szárított paprikát, majd az így kapott a darát több (4-5), sorba kapcsolt köpárra vezetik. Ezután az őrlemény az úgynevezett „pirosítóköre” kerül. Ezt a műveletet pirosításnak nevezzük, melynek során a paprikát metsző éllel nem rendelkező kőjáratra vezetik. Ebben a lépésben már aprítás csak kis mértékben történik. A köre vezetett őrlemény az erős súrlódástól 40-50°C-ra felmelegszik, a hő hatására a paprika olaj feloldja a színezékanyagokat. Az oldott színezékek az őrleményt egyenletesen átjárják, befestik az esetlegesen kevésbé piros termés részeket. Ezáltal az őrlemény színe homogén, vizuális megítélésében jobb, sötétebb piros lesz (MÁRKUS & KAPITÁNY, 2001). A pirosítás színre gyakorolt pozitív hatását műszerrel mért színjellemzőkkel is alátámasztották vizsgálataikkal Halászné et al. (1987) és HUSZKA és VÉHA (1987).

✓ Kondicionálás

Ennek a műveletnek az őrlemény nedvességtartalmának beállítása a célja. Az örléshez a paprika nedvességtartalmát 6-8%-ra csökkentik, majd az örlés során további 1-2%-kal csökken. A szabvány 11%-ban limitálja az őrlemény nedvességtartalmát, így ebben a technológiai lépésben – általában víz porlasztással történő befecskendezésével - 9-10%-ra növelik. A tömeg növelésén túl az eljárás eredményeként az őrlemény színe is mélyebb piros lesz, és a magasabb nedvességtartalmú őrleményeknél a tárolás során mérsékeltebb lesz a színezékvesztés (MÁRKUS és KAPITÁNY, 2001).

✓ Szitálás.

Az őrleményt 500 µm illetve 630 µm lyukátmérőjű szitán átszitálják, a termék minőségétől függően. A nem megfelelő szemcseméretű részek újraörlésre kerülnek.

- ✓ A malmi őrlemények keverési arányának meghatározása a gyártandó őrleménynek megfelelően. Ez a technológiai lépés esetenként - általában kis üzemi termelés esetén - megelőzi az örlést. Ekkor a szárított féltermékek közül kiválasztják a gyártandó minőség őrleménynek megfelelően az alapanyagokat. Ilyenkor természetesen nem teljesen irányított a termelés, mert örlés nélkül az alapanyagok inhomogének, ezért minőségük nem határozható meg pontosan, így a belőlük

készített őrleménynek sem a beltartalmi jellemzői, sem a színe nem prognosztizálható kellő pontossággal.

A nagyüzemi gyártás során előre megadott minőségi paraméterekkel rendelkező őrlemény előállítása a cél, ezért igen fontos a pontos tervezés. Ebben az esetben a malmi őrlemények minőségi jellemzői – elsősorban a színezéktartalom – alapján a gyártandó őrlemény minőségének megfelelően kiválasztják a felhasználandó alapanyagokat és meghatározzák a megfelelő keverési arányt. Az adott minőség előírt beltartalmi jellemzőinek biztosítása nem okoz problémát, hiszen a keverés során ezek a tömegarányoknak megfelelően változnak. A meghatározott arány szerint próbakeverést végeznek, és az így kapott termék színét összehasonlítják a célminta színével. Ha eltérést észlelnek, akkor igyekeznek módosítani a keverési arányt. Ez sokszor elég hosszadalmas és nélkülöz minden tudományos megfontolást.

2.3.2. A fűszerpaprika őrlemény minősítése

A fűszerpaprika őrlemény minősítése laboratóriumi és érzékszervi vizsgálatokból áll.

2.3.2.1. Laboratóriumi vizsgálatok

- ✓ Az összes színezéktartalom meghatározása.

MSZ 9681-5:2002 előírásának megfelelően. Az ASTA (American Spice Trade Association) módszer elve alapján: az őrleményből a festékanyagot acetonnal kivonják, ülepítik, majd a tiszta oldat abszorbanciáját spektrofotométerrel 460 nm-nél mérik. A mért abszorbancia értékéből az alábbi képlettel számítják ki az őrlemény ASTA egységben kifejezett színezéktartalmát:

$$ASTA = \frac{A \cdot (16,4 \cdot f)}{g}, \text{ ahol}$$

A a mért abszorbancia, **g** a bemért minta mennyisége, **f** a használt spektrofotométerre vonatkozó korrekciós faktor.

- ✓ A víztartalom meghatározása.

MSZ 9681-3:2002 előírásának megfelelően. A fűszerpaprika őrleményt 95 ± 2 °C hőmérsékletű elektromos szárító-szekrényben kiszáritják, és a tömegveszteséget százalékban fejezik ki.

- ✓ Az összes növényiolaj-tartalom meghatározása.

MSZ 9681-6:2002 előírásának megfelelően. A fűszerpaprika- őrleményből dietil-éterrel Soxhlet készülékben kioldják a növényi zsírt és zsírszerű anyagokat, majd oldószer mentesítés után mennyiségüket megméri és azt szárazanyagra vonatkoztatva adják meg.

- ✓ Az őrlési finomság meghatározása.

MSZ 9681-1:2002 előírásának megfelelően. A szemcseméret meghatározására szükségesek az előírt szemcseméretnek megfelelő szitaszövetű sziták. Általában a hazai követelmények azt írják elő, hogy az őrölt fűszerpaprikának 100%-ban át kell esnie a 0,63 mm-es szitaszövetű szitán. Az át nem eső rész arányát a bemért és átszitált őrlemény mennyiségére számítva, százalékban adják meg.

- ✓ A kapszaicintartalom meghatározása.

MSZ 9681-4:2002 előírásának megfelelően. A fűszerpaprika- őrleményből a kapszaicint acetonnal kioldják. Petroléteres kirázással a zavaró anyagokat eltávolítják. A vizsgálati oldatban állítanak elő vanadil- klorid reagenst és az oldat abszorbanciáját spektrofotométerrel 720 nm-en mérjük

2.3.2.2. Érzékszervi vizsgálat

MSZ 9681-2:1984 előírásának megfelelően.

A vizsgálat elvégzésére a legmegfelelőbb a délelőtti időszak (természetes fényviszonyok), a 20 °C körüli hőmérséklet, a közepes páratartalom, napfény megvilágítás. Mintaedény céljára javasolt egy 5x5 cm-es, 0,5 cm magas oldalfalú semleges illatú (általában fémből készült) edényke és egy simítólapát, amellyel a vizsgálandó mintát az edényben lenyomkodják, lesimítják. A mintát 10-15 percig állni hagyják, mivel a környezet nedvességét felvéve a színkülönbségek jobban érzékelhetőek. Megszemlélik a mintát, annak megállapítására, hogy az őrlés megfelelő-e. Megszemlélik a minta színét. Ha van gyártói jellegminta sor, akkor azokat azonos módon kell előkészíteni, és a vizsgálati mintákat ezekhez kell hasonlítani. Végül a mintákat megszagolják és megkóstolják.

Láthatjuk tehát, hogy a fűszerpaprika őrlemény színének minősítése kizárólag vizuálisan történik. Ez több problémának forrása lehet. Ha a vizsgálat elvégzése nem megfelelő megvilágításban történik, akkor téves eredményt adhat. Másrészt a minősítők színre vonatkozó megállapításai gyakran eltérőek, esetenként ellentmondóak. Ez vitára adhat okot gyártó és vevő között. A leglényegesebb probléma pedig az, hogy ilyen módon a termék színének minőségi paraméterei számszerűen nem dokumentálhatóak. Így egy esetleges vevői reklamáció esetén nincs megfelelő bizonylat a termék minőségének igazolására. Ma már a paprikafeldolgozó üzemekben korszerű minőségügyi rendszernek kell működnie (PÁLMAINÉ, 2002), aminek része kell, hogy

legyen a gyártott termékek minőségének pontos dokumentálása. Ez előbb-utóbb szükségessé teszi a műszeres színmérés bevezetését a minőség-ellenőrzés területén.

2.4. A műszeres színmérés

A szín a fénynek az a tulajdonsága, melynek alapján szemünk a hasonló intenzitású fénysugarakat egymástól meg tudja különböztetni. A szín lehet fizikai, fiziológiai és pszichológiai fogalom. Fizikailag a szín 380-780 nm hullámhosszúságú elektromágneses sugárzás, fiziológiai értelemben a szín a fény által a szemünkben kiváltott inger, pszichológiai szempontból pedig, általában ennek hatására keletkező érzet. Ha a látási érzékletben keletkezett színérzékletet jellemezni akarjuk, három tulajdonságot kell megadni, vagyis a színérzéklet háromdimenziós mennyiség. A látási érzéklet színérzékletének első tulajdonsága a színezete, amit a vörös, sárga, narancs, kék, ill. bíbor jelzőkkel, vagy ezek kombinációjával nevezünk meg. A színezetek folyamatosan mennek át egymásba. Ha egy színérzékletnek van színezete, akkor kromatikus színérzéklet, ha nincs akromatikus színérzéklet, ilyen a fehér, a szürke és a fekete. A látási érzéklet második tulajdonsága a világosság, amely azt mutatja, hogy a felület mennyi fényt bocsát ki, enged át, vagy ver vissza. A látási érzéklet színérzékletének harmadik tulajdonsága a színezetdúsága, melyben azt érzékeljük, hogy a felület több vagy kevesebb kromatikus színérzékletet hoz-e létre.

Az ipari gyakorlatban hosszú ideig csak szemmel vizsgálták a színt. A módszer szubjektivitása gyakran adott okot vitára, ezért az élet számos területén egyre inkább tért hódított az objektív színmérő műszerek alkalmazása. Kezdetben a textiliparban, a kozmetikai iparban alkalmazták, ma már az élelmiszeriparban és az élelmiszeripari kutatásban is fontos eszközzé vált.

A színmérő műszerek egy egyszerűsített emberi színlátást modelleznek, és megfelelő használatuk lehetővé teszi, hogy a tárgyakat színük szerint az emberi észlelésnek megfelelően osztályozzuk. Ennek elméleti alapját a színmetrika adja.

2.4.1. Színmetrika, CIE színingermérő rendszer

A színmetrika (színmérés) az a tudomány, amely a színeket, mint fiziológiai ingereket vizsgálja méri és számszerűen jellemzi, függetlenül azok fizikai tulajdonságaitól.

A színmérő rendszerek különböző elvek alapján végzik el a színingerek számszerű jellemzését. A színmetrika egységesítésének kidolgozása céljából ült össze 1931-ben a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (Commission Internationale de l'Eclairage), amely elfogadta az additív

színkeverésen alapuló színmérő rendszert. A színingerek additív keverése olyan elrendezés, melynek során a különböző fények egyszerre vagy egymás után gyorsan következve lépnek a szembe és a retinának ugyanarra a helyére vagy olyan mozaikalakban helyezkednek el, hogy az észlelő nem tudja őket szétválasztani.

A Grassmann- törvények írják le a színingerek additív színinger keverésének tulajdonságait. Ezek a következők:

- ➔ 1. A színinger jellemzők (a redukált színérzéklet) meghatározására három független változó szükséges és elegendő.
- ➔ 2. Az additív színinger keverés szempontjából a színingerek színinger jellemzői számítanak és nem a színingerek spektrális összetétele.
- ➔ 3. Ha a színingerek additív színinger keverésben egy vagy több összetevőt folyamatosan változtatnak, az eredményül kapott színinger jellemzők is folyamatosan változnak.

Lényegében tehát az additív színkeverés során két színes fény keveréke egy új, harmadik színt eredményez – pl.: zöld és vörös fény keverésével sárgához jutunk.

A fentiek alapján bevezetésre kerültek

- ✓ az X, Y, Z trikromatikus mérőszámok,
- ✓ a CIE standard fényforrások,
- ✓ a CIE színinger megfelelő függvények.

2.4.1.1.A trikromatikus színingermérő rendszer

A trikromatikus színinger mérő rendszer három, alkalmasan választott alapszíninger jellemző additív színinger keverésén alapszik, az alapszíninger jellemzőkkel bármely színinger jellemzői meghatározhatóak. Az alapszíningerek hármását sokféleképpen lehet megválasztani. Általában egy piros, egy zöld és egy kék alap színingert választottak.

Az additív színinger keverésen alapuló CIE 1931 színrendszerben alapszíninger összetevőknek a 700 nm hullámhosszúságú piros (R), az 546,1 nm hullámhosszúságú zöld (G) és a 435,8 nm hullámhosszúságú kék (B) valódi alapszíningerek helyett, virtuális alap fényingereket választottak. Ezek a virtuális vörös (X), zöld (Y) és kék (Z), amelyek a (R), (G) és (B) valóságos spektrum színeknél lényegesen nagyobb telítettségűek, és matematikai úton a valódi alapfények lineáris kombinációjaként pontosan értelmezhetők (Lukács, 1982).

Az (X), (Y) és (Z) alapszíníngerek pozitív előjelű additív színíngerek keverésével minden színíngert elő lehet állítani.

Ennek alapján tehát minden színíngert egyértelműen, számszerűen értelmezhetünk a következő színínger egyenlettel:

$$C = X(X) + Y(Y) + Z(Z), \quad (1)$$

ahol X, Y, és Z mennyiségek a C színínger trikromatikus mérőszámai. A színíngereket trikromatikus mérőszámaival jellemezhetjük számszerűen.

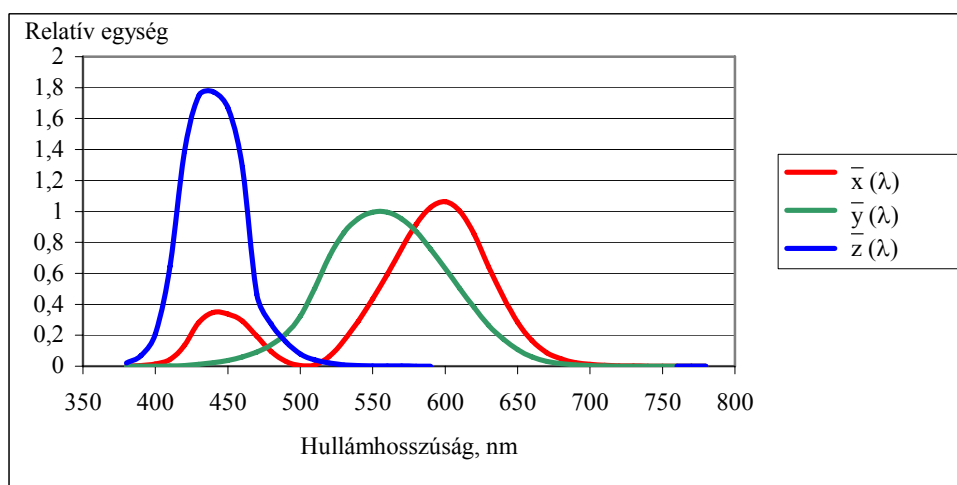
2.4.1.2. CIE standard fényforrások

A CIE fényforrások a CIE által definiált és ajánlott mesterséges sugárforrások, melyek alkalmasak a CIE sugáreloszlások megvalósítására. Ezeket a színmérési sugárzás eloszlásokat a CIE relatív spektrális teljesítmény eloszlásukkal vagy relatív spektrális energia eloszlásukkal határozta meg.

A CIE a standard fényforrások mellett ajánlást tett a mért a felület megvilágításának és az észlelésnek az irányára. Ezeket együttesen mérőgeometriának nevezzük.

2.4.1.3. A CIE színínger megfelelő függvények

A CIE színínger megfelelő függvények az un. egyenlő energiájú spektrum spektrumszíneinek a trikromatikus mérőszámai a hullámhossz függvényében, jelölésük $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ és $\bar{z}(\lambda)$. A függvények értékeit 1nm-enként a CIE kiadvány tartalmazza (Colorimetry, Publ. CIE, 1971), grafikonjukat a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra A CIE színínger megfelelő függvények

A CIE által definiált standard észlelő az az ideális észlelő, akinek a színinger mérési jellemzői megegyeznek a fent megadott színinger megfelelő függvényekkel.

2.4.1.4. A trikromatikus mérőszámok meghatározása

A standard fényforrások és a színinger megfelelő függvények felhasználásával egy színes felület X, Y, Z trikromatikus mérőszámai a következőképpen számíthatók ki.

Ha a felület az $S(\lambda)$ teljesítmény eloszlású fényt diffúz módon veri vissza, akkor:

$$\begin{aligned} X &= \int_{380}^{780} R(\lambda) S(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= \int_{380}^{780} R(\lambda) S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= \int_{380}^{780} R(\lambda) S(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (2)$$

A képletben $R(\lambda)$ a felület spektrális reflektanciája (a λ hullámhossznál a visszavert és beeső fényáram hányadosa 380 és 780 nm között), $S(\lambda)$ a fényforrás spektrális teljesítmény eloszlása, $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ és $\bar{z}(\lambda)$ a standard észlelő színinger megfelelő függvényei. (Lukács, 1982).

2.4.1.5. A CIELab színinger tér

A fentiekben leírt színtér, melyben X, Y, Z értékekkel jellemezzük a színpontokat, nem egyenletes. Előfordulhat, hogy két színpont X, Y, Z értékei csak kis mértékben térnek el, vizuálisan mégis eltérőnek érzékeljük. Ezért került bevezetésre a CIELab színinger tér, amely már közel egyenletes eloszlású.

A CIELab színtér ellentétes szín párok rendszerén alapul. A rendszer azt modellezi, hogy a receptorokból érkező jelek világos vagy sötét, piros vagy zöld és kék vagy sárga kategóriába sorolhatók. Ezen elmélet szerint egy szín nem lehet egyszerre piros és zöld, kék és sárga. Ezt felhasználva a „pirosasság mértékét” vagy a „zöldesség” mértékét kifejezhetjük egyetlen koordinátával az „a”-val, a kékességet vagy sárgaságot a „b” koordinátával, a harmadik koordináta az „L”, amely a szín világosságát jelzi.

Az X, Y és Z trikromatikus értékeket CIELab színinger tér L^* , b^* és a^* derékszögű koordinátaivá transzformáló egyenletek a következők:

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - 16,$$

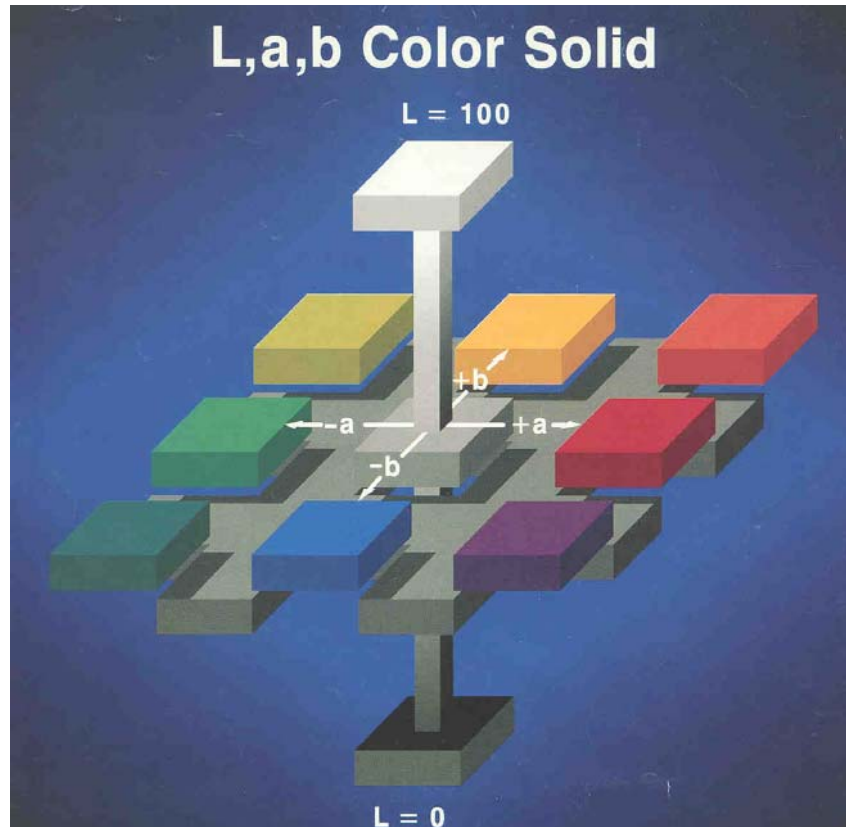
$$a^* = 500 \left(\left(\frac{X}{X_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right) \quad \text{és} \quad (3)$$

$$b^* = 200 \left(\left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right),$$

ahol X , Y , Z a színes tárgy trikromatikus értékei és X_0 , Y_0 , Z_0 a szabványos fehér trikromatikus mérőszámai, a használt sugárzás eloszlásnak és látómezőnek megfelelően és teljesülnek az alábbi feltételek:

$$\left(\frac{X}{X_0} \right) > 0,008856 ; \left(\frac{Y}{Y_0} \right) > 0,008856 \quad \text{és} \quad \left(\frac{Z}{Z_0} \right) > 0,008856 .$$

A szín objektív jellemzésére használt három CIELab koordináta szemléletes jelentését a 8. ábrán látható színtér tükrözi.



8.ábra A CIELab színtér

A fentiek alapján minden színhez egyértelműen hozzárendelhető a színtérben egy színpont három koordinátával megadva. A CIELab színezeti szög a színpont színezetét jellemzi:

$$h_{ab}^o = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (4)$$

A CIELab króma a telítettség jellemzője, a színpontnak az L^* tengelytől való távolsága:

$$C_{ab}^* = \left((a^*)^2 + (b^*)^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

A mintákhoz rendelt, méréssel meghatározott színpontok térbeli elhelyezkedéséből és egymáshoz viszonyított távolságaikból a minták közötti színelterések irányára és nagyságára következtethetünk.

A színinger különbséget, ΔE_{ab}^* -t a színtérben értelmezett két színpont (P színpont és B etalon vagy vonatkoztatási színpont) közötti térbeli távolsággal adjuk meg. Kiszámításához a térbeli Pithagorasz- tételt használjuk:

$$\Delta E_{ab}^* = \left((L_P^* - L_B^*)^2 + (a_P^* - a_B^*)^2 + (b_P^* - b_B^*)^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

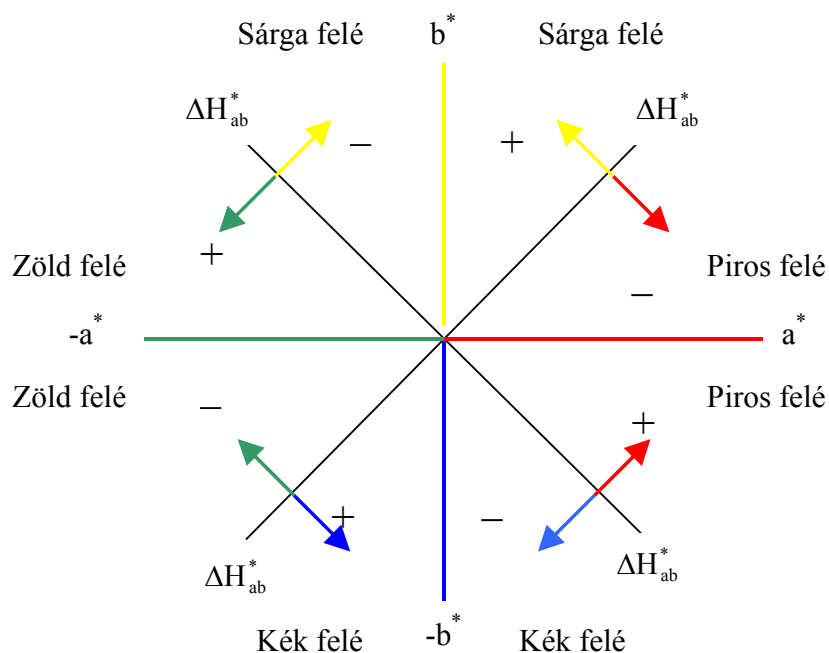
A színinger különbség három összetevőből áll, a ΔL^* világossági tényező különbségből, a ΔC_{ab}^* króma különbségből, és a ΔH_{ab}^* színezeti különbségből.

$$\Delta L^* = L_P^* - L_B^* \quad (7)$$

$$\Delta C_{ab}^* = (C_{ab}^*)_P - (C_{ab}^*)_B \quad (8)$$

$$\Delta H_{ab}^* = \text{sign}(a_B^* \cdot b_P^* - a_P^* \cdot b_B^*) \left((\Delta E_{ab}^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C_{ab}^*)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

ΔH_{ab}^* színezeti különbség előjeléből következtethetünk a színezet változására a vonatkoztatási ponthoz képest. (LUKÁCS, 1982)



9. ábra A ΔH_{ab}^* színezeti különbség előjelének jelentése

A 9. ábra mutatja, hogy a vonatkoztatási pont elhelyezkedésétől függően a pozitív illetve a negatív előjel melyik szín irányában való elmozdulást mutat.

A színinger különbség definiálása után meg kell vizsgálni a kérdést, hogy milyen kapcsolat van a vizuális érzékelés és ΔE_{ab}^* értéke között. Szükséges elemezni, hogy milyen értékhatár között mozog két színpont között számított színinger különbség, ha szemünkkel nem érzékelünk különbséget közöttük. Nyilván az értékhatár függ a felület tulajdonságaitól, amit a színpontokkal jellemzünk, tehát nem lehet általános szabályt felállítani. Gyakran alkalmazzák a 4. táblázatban foglalt tolerancia határokat, melyet eredetileg papíripari termékek minősítésére dolgoztak ki (LUKÁCS, 1982).

4. táblázat A vizuális érzékelés és ΔE_{ab}^* színkülönbség kapcsolata

ΔE_{ab}^*	Szemmel érzékelhető eltérés
$\Delta E_{ab}^* \leq 0,5$	Nem érzékelhető
$0,5 < \Delta E_{ab}^* \leq 1,5$	Alig észrevehető.
$1,5 < \Delta E_{ab}^* \leq 3,0$	Észrevehető.
$3,0 < \Delta E_{ab}^* \leq 6,0$	Jól látható
$6,0 < \Delta E_{ab}^*$	Nagy.

2.4.2. Az objektív színmérés műszerei

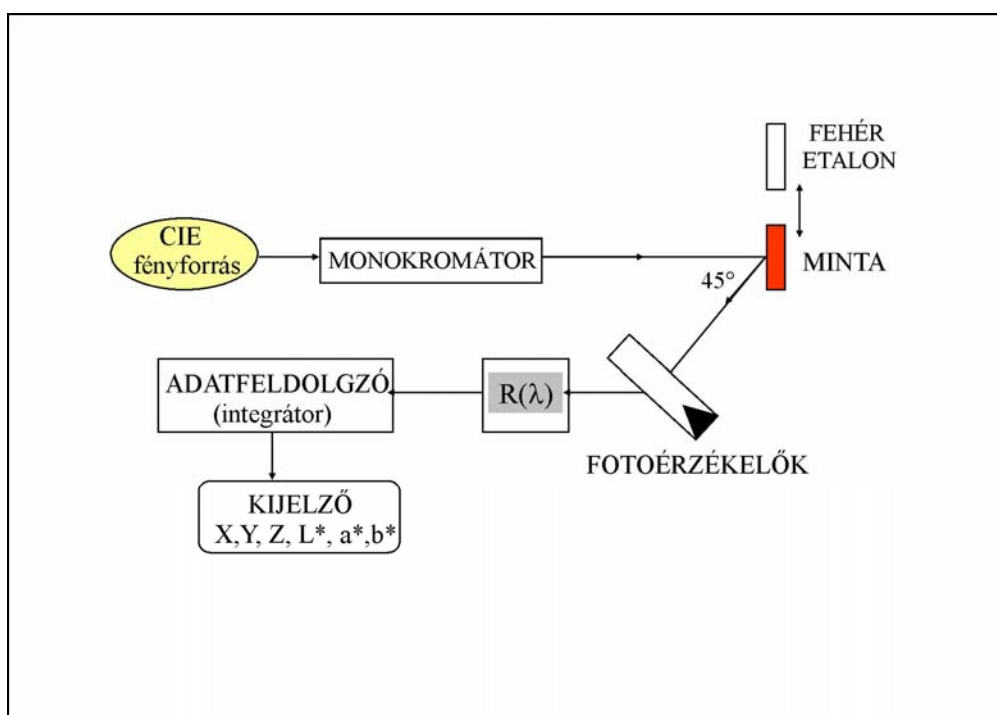
A színmérő berendezés olyan készülék, amely a színes tárgy, mérendő felületéről visszaverődő fény X, Y és Z trikoromatikus értékeit pontosan meghatározza. A színmérő készülékeket mérési alapelvük alapján két csoportba sorolhatjuk:

- ✓ A speciálisan színmérésre kialakított spektrofotométerek.
- ✓ A tristimulusos színmérő készülékek.

2.4.2.1. A spektrofotométeres színmérő készülékek

A színmérés céljára alkalmas spektrofotométerek a CIE által szabványosított fényforrás és mérőgeometria alkalmazásával határozzák meg a mérendő felület spektrális reflektancia vagy transzmittancia értékét. Ezekből integrálás segítségével, 2.4.1.4. fejezetben leírt (2) képlet alapján határozzák meg az X, Y, és Z trikoromatikus mérőszámokat.

A spektrofotometriás színmérő készülékek felépítésének elvét a 10. ábra szemlélteti. (HALÁSZNÉ, 1988)



10. ábra A spektrofotométeres színmérő készülék felépítése

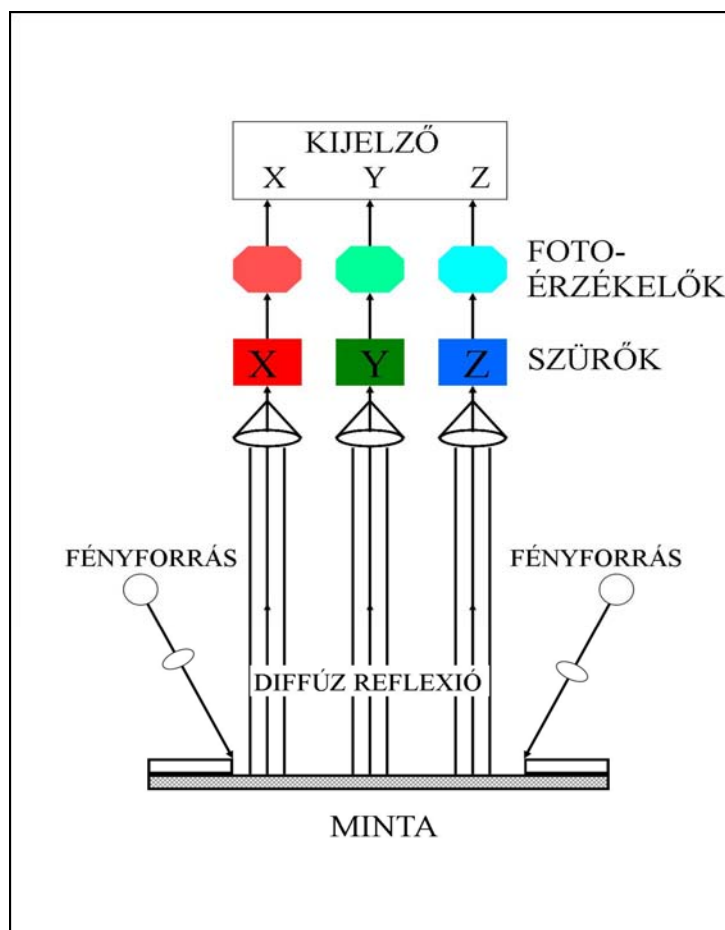
Kezdetben (2) integrálok pontos értékének meghatározása szabott határt a spektrofotométeres színmérők pontosságának és tette hosszadalmasabbá alkalmazásukat. A

technika fejlődésével ez a probléma megoldódott, ma már a műszeres színmérés gyors és legmegbízhatóbb eszközei.

2.4.2.2. A tristimulusos színmérő készülékek

A tristimulusos színmérő készülékek működési elve teljesen eltér a spektrofotométeres készülékekétől, ezek az emberi szemet modellezik. A ilyen berendezésekben a fényforrás-szűrők-fotóérzékelő kombinációját úgy valósítják meg, hogy az illeszkedjék a CIE normál észlelők $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ és $\bar{z}(\lambda)$ színinger megfelelő függvényeihez. A műszerben a minta megvilágítására valamilyen CIE fényforrást használnak, és 3 optikai szűrőt építenek be, melyek spektrális transzmittanciája megfelel a CIE normál észlelő színinger megfelelő függvényeinek.

A 11. ábrán a tristimulusos színmérő készülékek működési elvét az LFM 3 típusú német műszer felépítésének bemutatásával szemléltetjük.



11. ábra A tristimulusos színmérők működési elve

A tristimulusos színmérőket mérés előtt ismert színjellemzőjű etalonnal kalibrálni kell. (HALÁSZNÉ, 1988)

Ezeknek a készülékeknek a pontossága a szűrők minőségétől és spektrális megfeleltetésük pontosságától függ. Ha a szűrők illesztése tökéletes, metrológiai jellemzőjük, színmérési ismétlőképességük, pontosságuk és reprodukáló képességük eléri a spektrofotométeres készülékekét.

2.4.3. Műszeres színmérés az élelmiszeripari kutatásban

Az élelmiszerek legfontosabb érzékszervi tulajdonságai a szín, illat, íz és az állomány. Ezek közül a vevő elsőként a termék színét érzékeli. Ha az élelmiszer színe nem tetszetős, ha eltér a szokásostól, az rontja a minőségét, és ezáltal a vásárlói kedvet is. Egy termék színének, megjelenésének állandósága egyben minőségének megbízhatóságát is jelentheti. (HALÁSZNÉ, 1988)

Másrészt a korszerű minőségbiztosítási rendszerek tartalmazzák a termék minőségének pontos dokumentálását is, ez pedig sokszor szükségessé tenné a szín leírását egzakt, műszerrel mért jellemzők segítségével.

A fentiek mellett a színmérés gyorsan, roncsolás-mentesen elvégezhető eljárás. Ezért számos kutatót foglalkoztat a lehetőség, hogy a színmérés segítségével a minősítés során egy hosszadalmas analitikai módszer elvégzését elkerülhetővé tegye. Természetesen figyelembe kell venni, hogy a színmérési módszerek diffúzan visszaverő, homogén, sík felületekre vonatkoznak. Élelmiszeripari anyagaink és termékeink ritkán felelnek meg ennek a követelménynek, így a színmérés alkalmazása során különös gondot kell fordítani a mintavétel módjára és a felület előkészítésére. Emellett szükséges elemezni a vizsgált anyag esetén a különbségek vizuális érzékelése és a műszerrel mért értékek közötti kapcsolatot. A mérési metodika kidolgozása után viszont a mérés mindig gyorsan, vegyszermentesen elvégezhető, ami fontos környezetvédelmi szempont is.

Az egyes élelmiszeripari készítmények és alapanyagok különböző típusú műszerekkel történő színméréséről beszámoló tudományos munkák az 1920-as évektől kezdve jelentek meg. FRANCIS és CLYDESDALE (1975) könyvet jelentetett meg, melyben összefoglalják a tématerületen addig megjelent eredményeket. A mű külön fejezetet szentel a paradicsom és paradicsom készítmények, a narancs, az áfonya, a citrus-félénk, a burgonya alapanyagú termékek, a sütőipari készítmények, a húsok, a tonhal, a lazac, a cukor, a sör, a bor, a tea, a kávé, a karamell, a tojás sárgája, a zsírok és az olajok, a tejtermékek, a kakaó és a csokoládé, a mogyorókrém, az alma, az őszibarack, a cseresznye, az eper, a görögdinnye, a méz, a juharszirup, a cukorszirup és a melasz műszeres színmérésével kapcsolatban elért, és publikált eredmények összegzésének. Láthatjuk, hogy a kutatók az élelmiszerek milyen széles spektrumával foglalkoztak, de a fűszerpaprika

örlemények műszeres színmérésére sajnálatos módon még csak utalást sincs. Erről a későbbi szakirodalomban is kevesebb munkát, adatot találunk.

A különböző élelmiszeripari termékek színének műszeres vizsgálatáról azóta is számos tudományos publikációt olvashattunk, önálló dolgozatot igényelne felsorolásuk. A következőkben felsorolt példák sokfélesége jól illusztrálja, hogy a műszeres színmérés az élelmiszeripar feldolgozás minden területén hasznos eszköze lehet úgy a termékfejlesztésnek, mint a minőségellenőrzésnek.

A húsipar számára komoly problémát jelentő úgynevezett PSE (igen alacsony vízkötő képességű) húsminőség megállapítására bevált módszer az L^* világossági tényező használata. Pulykahús esetén többek között BARBUT (1997a), BIANCHI és FLETCHER (2002) és BOJARSKA et al. (2003) munkáiban találunk leírást és útmutatást a mérések körülményeinek pontosítására. Csirkehúsról SANDUSKY és HEATH (1996), BARBUT (1997b), PETRACCI és FLETCHER (2002) és BIANCHI és FLETCHER (2002) adaptálta az eljárást.

PETRACCI és FLETCHER (2002) a baromfiiparban alkalmazott, számítógéppel támogatott színmérésen alapuló osztályozó rendszer segítségével vizsgálta az egyes technológiai lépések hatását a baromfihús és bőr színére. Megállapították, hogy alacsonyabb hőfokú kopasztó víz alkalmazása kevésbé változtatja a bőr és a hús színét, valamint hogy markánsabb változások a levágást követő első 6 órában történnek, ezt követően a bőr és a hús színe stabilizálódik.

DROVAK et al. (2001) vágóhídon sertéshús on-line színmérésének adatait elemezve arra a következtetésre jutott, hogy a 45 perccel a vágás után és a 24 óra elteltével mért értékek nem korrelálnak egymással, tehát az első mérések nem adnak a feldolgozás számára megfelelő tájékoztatást a hús minőségéről. O'SULLIVAN et al. (2003) sertéshúson végzett on-line és az egyedi darabokon végzett műszeres színmérés továbbá a vizuális értékelés adatait hasonlította össze. Az értékelés azt mutatta, hogy minkét műszeres színmérés jól alkalmazható a sertéshús minősítésben.

VAN-OECKEL (1999) sertéshús esetén mérte a Japánban szokásos minősítés alapján különböző minőségi osztályba sorolt hús színjellemzőit és kimutatta, hogy a mért színjellemzők alapján elvégezhető az osztályozás.

TEIXEIRA et al. (2005) különböző vágósúlyú, ivarú és fajtájú birkák húsán végzett színmérés adatait elemezte. Kimutatta, hogy a^* pirossági koordinátát nem befolyásolja egyik paraméter sem, míg a vágó súly növekedésével L^* csökken, hasonlóan b^* koordinátához, az állatok húsa sötétebbé válik.

CARBALLO et al. (1995) kolbász színének alakulását vizsgálták eltérő zsírtartalom, protein szint és főzési hőmérséklet esetén. Fermentált kolbászok színjellemzőinek változását írta le PRIBIS és SVARZIC (1995), először mérve a frissen darabolt töltelék anyag színét, majd a homogenizált töltelék színváltozásait követve nyomon. GIMENO et al. (2000a) azt vizsgálták, befolyásolja-e a

szárazkolbász színét, ha a NaCl-ot bizonyos százalékban kalcium aszkorbáttal helyettesítik. Megállapították, hogy a kalcium aszkorbát mennyiségének növelésének hatására a^* pirossági és b^* sárgasági koordináta nőtt, míg L^* világossági tényező csökkent. Azt is elemezték, hogy milyen kapcsolat van a gyártáshoz felhasznált fűszerpaprika őrlemény színe és a késztermék színe között (2000b).

ROSSI et. al (2001) a pálmaolaj karotinoid tartalma és L^* , b^* és a^* színekoordinátái között mutatott ki szoros korrelációt.

BERGANN és SCHICK (1998) ultrapasztőrözött tehéntej zsírtartalom változásának színre gyakorolt hatását vizsgálta műszerrel mért színjellemzők alkalmazásával. Különböző érettségi fokú trappista sajtok színjellemzőit mérte FEKETE et al. (2003), és megállapította, hogy az érettségi állapot becslésére alkalmas a kiindulási értékektől számított L^* és b^* színekoordináta eltérés és a ΔE_{ab}^* színekülönbség.

ORR és JANARDAN 1990-ben a burgonya chipsek gyártása és minősítése során alkalmazott műszeres színminősítési rendszerről számolt be.

Lisztek, különösen a durum lisztek minősítésében is fontos szerepe van a színmérésnek. A durum lisztek esetén b^* sárgasági koordinátát már az üzemi gyakorlatban is alkalmazzák. A minősítés során. OLIVER et al. (1993) kimutatta, hogy a hamutartalom befolyásolja a lisztek színét. HALÁSZNÉ et al. (1995) durum darák színmérésen alapuló minősítési rendszerére tett javaslatot. D'EGIDO és PAGANI (1997) különböző technológiával őrölt durum lisztekből készített tésták színjellemzőit hasonlította össze. HORVÁTH et al. (2004) kimutatta, hogy a keményebb búzákból készített lisztek L^* koordinátája alacsonyabb, míg a^* koordinátája magasabb, vagyis sötétebbek és barnább árnyalatúak, emellett L^* világossági koordináta szoros összefüggést mutat a lisztek fehérségi indexével.

A sütőiparban elsősorban a termékek megfelelő sültégi fokának megállapítására használnak színjellemzőket (HOTTI et al., 2000).

A szárítási hőmérséklet színjellemzőkre gyakorolt hatását vizsgálta LOPEZ et al. (1997). A változások leírására ΔE_{ab}^* színekülönbség, L^* világossági koordináta, C_{ab}^* kroma és h_{ab}^0 színezeti szög értékét határozta meg.

Kakaóporok színjellemzőinek meghatározása után HALÁSZNÉ et al. (1991) arra a következtetésre jutott, hogy a porok színjellemzői közepes illetve szoros korrelációt mutatnak a pH és a kakaóvajtartalom értékekkel, valamint az oldatban mért színekoordinátákkal. Emellett színekategóriákat dolgoztak ki a kakaóporok minősítése céljából.

SHARPE et al. (1992), SMEDLEY (1995) méréseivel igazolta, hogy L^* , a^* és b^* színekoordináták és ΔE_{ab}^* színekülönbség érték alkalmasak a sör színének objektív mérésére. BAMFORTH (2000) a színmérés alkalmazásáról számol be a sör előállítása és minősítése során.

CALVO és SALVADOR (1997) őszibarack sűrítmény színjellemzői alapján kimutatta, hogy a cukor tartalom sokkal kevésbé befolyásolja a sűrítmények színét, mint rost tartalmuk. Mandarinból, sárgarépból és almából különböző arányban készített gyümölcslevek színjellemzői és a gyümölcsök aránya közötti összefüggést vizsgálta JUN és YONG (2000). Az adatok értékelése alapján arra a következtetésre jutott, hogy a mandarin lé arányának növelésével csökkent az a^* pirossági és a b^* sárgasági koordináta, a gyümölcslé színe kevésbé sárgává vált.

A lekvároknak és a dzsemeknek is fontos érzékszervi tulajdonságuk a színük. A szín kialakításához felhasznált színezék mennyisége és színezékanyagai nyilván alapvetően meghatározzák a végtermék színét. ZAFRILLA et al. (1998) bodza illetve gránátalma kivonatot alkalmazott eperdzsem színezésére a szokásos színezékek helyett és azt találta, hogy a bodza kevésbé alkalmas, mert színjellemzői már kisebb mennyiség adagolása esetén is meghatározzák a dzsem színét. A gránát alma kivonat alkalmazásának hatására a végtermék a^* és b^* színekoordinátái növekedtek, színe kellemes narancssárga árnyalatúvá vált.

A gyümölcsök és bizonyos zöldségfélék érettségi stádiumának meghatározására is bevált módszer a felületük színjellemzőinek mérése (LANCASTER et al. , 1997; ZANA, 2003). LANCASTER et al. (1997) összefüggést talált a felületen mért színekoordinátákból számított h_{ab}^0 színezeti szög és a héj anthocián tartalma, valamint L^* világossági koordináta és a klorofil tartalom logaritmus között.

JOUBERT (1996) különböző töménységű tea extraktumok színjellemzőinek elemzése során arra a következtetésre jutott, hogy az a^* és b^* színekoordináták szoros lineáris kapcsolatot mutatnak az extraktum koncentrációjával. Azt is megállapította, hogy a jobb minőségű alapanyagból készült extraktum a^* színekoordinátája magasabb.

Az élelmiszeripari készítmények közül a paradicsom és paradicsomkészítmények színével foglalkoztak legkorábban és kezdetben a legtöbbet. MACGILLIVARAY már 1928-tól kezdve több tudományos munkát írt, amelyben ezzel a problémával foglalkozik (FRANCIS és CLYDESDALE, 1975). A paradicsom minősítésére kidolgoztak egy "TCI" rövidítésű mérőszámot, melyet a minta X, Y, Z trikromatikus értékeinek függvényeként definiáltak. Ezt követően már 1975-ben készítettek olyan színmérő készüléket, mely alkalmas volt a "TCI" érték közvetlen meghatározására (LUKÁCS, 1982). Hazánkban BONTOVITS (1979) kísérletei alapján készítettek ilyen mérőműszert. Ebben az iparágban már az ipari gyakorlat része a műszeres színmérés alkalmazása. Természetesen azóta is több tudományos munka született a témakörben. THIAGU et al. (1993) különböző érési stádiumú paradicsom esetén összefüggéseket mutatott ki a minták műszerrel mért színjellemzői valamint likopin, klorofil és béta-karotin tartalma között. Fagyasztva tárolt paradicsom készítmények

színjellemzőinek változását elemezték BIACS és WISSGOTT (1997). 12 különböző fajta színjellemzőit elemezve GOMEZ et al. (2001) azt találta, hogy (a^*/b^*) hányados alkalmasabb a paradicsom szín szerinti osztályozására, mint TCI értéke.

Számos kutató foglalkozik az online színmérés alkalmazásának lehetőségével az élelmiszeripar különböző területein (BROSNAN&SUN, 2002). Különböző alma fajták adatait elemezve dolgoztak ki fajta szerinti osztályozásra alkalmas eljárást (FELFÖLDI et al., 1994; FEKETE et al., 1996). Gomba fertőzöttségének megállapítására alkalmazta a módszert VÍZHÁNYÓ&FELFÖLDI (2000). MENDOZA et al. (2006) banán és kaliforniai paprika felületi színét mérve összehasonlítást végzett az online színmérés eredményeként kapott színjellemzők és a CIELab színjellemzők között.

A fenti példákkal igyekeztünk bemutatni témában megjelent több száz publikáció főbb témaköreit és megállapításait. Jól látszik, hogy bizonyos anyagok esetén már kialakult egy egységes eljárás a színmérés alkalmazására. Ilyen például a paradicsom feldolgozás, a húsipar területén a húsok PSE minőségének megállapítása, a gabonaiparban a durum lisztek minősítésére, vagy a sör minőségellenőrzése. Számos terméknel azonban még nem alakult ki egységes álláspont, hogy mely színjellemzők a legalkalmasabbak a színváltozás követésére. Ezt mondhatjuk a gyümölcslevek, dzsemek, sajtok, kakaó és sok más termék esetében.

A dolgozatokból az is kitűnik, hogy az ipari gyakorlatban a műszeres színmérést még csak az iparágak kisebb százalékában, ott is szinte kizárólag a minősítés területén alkalmazzák. A kutatók eddigi eredményei azonban azt sugallják, hogy több termék esetén a színmérés alkalmazásával segíteni lehetne a termelést, javítani lehetne a termelés minőségét. Például a dzsemek színének beállításánál, a sajtok érettségének vizsgálatában, a földimogyoró szárításának szabályozásánál.

Tehát összességében azt mondhatjuk, hogy bár sok nagyon fontos eredmény született a színmérés élelmiszeripari alkalmazása terén, még számos kiaknázatlan lehetőséget nyújt ez a kutatási terület. Ezt állapíthatjuk meg a fűszerpaprika őrlmények színmérésének területéről is. Az ezzel kapcsolatos eddigi eredményeket a következő pontban foglaljuk össze.

2.4.4. A fűszerpaprika őrlemény műszeres színmérésének eddigi eredményei

A fűszerpaprika őrlmények gyártása és minősítése során nem alkalmazzák a műszeres színmérést, pedig a szín a termék legfontosabb érzékszervi tulajdonsága. Mivel a fűszerpaprikát elsősorban színező anyagként és csak másodlagosan fűszerező hatása miatt használjuk ételeinkben, a vevő számára legfontosabb szempont a minőség megítélésében a színező képesség, amit azonosít az őrlemény felületi színével. Már az üzemi gyakorlatból is ismert, hogy amíg az őrlemény színező

képességét egyértelműen meghatározza a benne lévő színezékanyagok mennyisége és összetétele, addig színét befolyásolja a szemcsemérete, az olajtartalma és a nedvességtartalma is. Így feltétlen indokolt lenne a minősítés során a műszeres színmérés alkalmazása az érzékszervi bírálat mellett.

SIMAL et al. (2005) a szárítás körülményeinek a fűszerpaprika őrlmények minőségére gyakorolt hatását vizsgáló munkájában a szakirodalom áttekintése után azt írja, hogy nem talált olyan eredményeket, amelyek leírják két őrlemény színének összehasonlítása esetén azokat a színjellemzőkre vonatkozó feltételeket, melyek alapján következtethetünk a vizuálisan érzékelt különbség mértékére. Tapasztalata szerint a kutatók különböző eljárásokat javasolnak, leggyakrabban a minták C_{ab}^* króma értékének változását elemzik a szín alakulásának leírására.

Számos, a fűszerpaprika színének változásával foglalkozó tudományos munka tanulmányozása is alátámasztotta SIMAL et al. (2005) megállapítását. Az ezzel foglalkozó szakemberek az őrlmények különböző paramétereinek változtatása közben mérik az őrlmények X,Y és Z trikromatikus értékeit, vagy közvetlenül a CIE L^* , a^* és b^* színekoordinátáit, de az adatok értékelésének módja nem egységes. Az esetek többségében azonban a fűszerpaprika őrlmények tulajdonságainak vizsgálata során a kutatók megelégszenek a színezéktartalom változásának elemzésével. Pedig a tapasztalat és tudományos elemzések is bizonyítják, hogy az őrlmények vizuálisan érzékelt színét színezéktartalma nem határozza meg egyértelműen (NAVARRO és COSTA, 1993; H.HORVÁTH, 2004).

Elsőként HORVÁTH és KAFFKA (1973) számolt be fűszerpaprika őrlmények színméréséről. A mérésekhez MOMCOLOR tristimulusos színmérő készüléket használtak. A műszer akkori fejlettsége mellett elsősorban a minta előkészítése okozott komoly gondot. Szintén a mérési módszer kidolgozásáról számol be DRDÁK et al. (1980).

HUSZKA et al. (1984, 1985) a vizuális minősítés eredményét hasonlította össze a jellegminta és a minősített őrlemény színjellemzőiből számított ΔE_{ab}^* színkülönbség értékével. Arra a következtetésre jutott, hogy az őrlemény színe akkor felel meg a jellegmintának, vagyis vizuális megítélésében attól legfeljebb csak kismértékben különbözik, ha $\Delta E_{ab}^* < 3.0$ feltétel teljesül.

DRDAK et al. (1989) őrlmények különböző színrendszerekben értelmezett színjellemzőit hasonlította össze egymással és elemezte az értékeket összevetve a minták között vizuálisan érzékelt különbséggel. Megállapította, hogy a különböző vizuális színingerű őrlmények CIELab színekoordinátái $p=0.05$ szinten szignifikánsan különböznek.

HALÁSZ-FEKETE et al. (1995) 210 magyar fűszerpaprika őrlemény CIE L^* , a^* és b^* színkoordinátáit elemezte. Az őrlmények többféle gyártási technológiával készültek, színezéktartalmuk, nedvességtartalmuk és szemcseméretük széles spektrumban változott,

feltérképezve a magyar őrlemények minőségi palettáját. Az adatok elemzése után a magyar őrleményeket színjellemzőik alapján 6 csoportba sorolták.

HERNANDEZ et al. (2004) spanyol fűszerpaprika őrlemény esetén vizuális minősítése alapján határozott meg színskálát, majd meghatározta a minták CIELab színjellemzőit. A vizuális színosztályok és azok műszerrel mért jellemzőit elemezve azt találta, hogy $p=0.05$ szinten szignifikáns összefüggés van a vizuális osztályba sorolás eredménye és a^* pirossági koordináta között. Hasonló szoros korreláció mutatkozott h_{ab}^0 színezeti szög esetén és valamivel gyengébb C_{ab}^* króma értékére.

Több kutató vizsgálta annak lehetőségét, hogy az őrlemények műszerrel mért színjellemzői segítségével meghatározza azok színezéktartalmát. A vizsgálatok nem sok sikert hoztak, pozitív eredményről NIETO-SANDOVAL et al. (1999) számolt be. Munkája során 96 fűszerpaprika őrlemény CIELab színjellemzőit és ASTA egységben meghatározott színezéktartalmát elemezte és azt találta, hogy az ASTA érték logaritmus és a $\left(\frac{1000 \cdot a^*}{L^* + h_{ab}^0} \right)$ kifejezés szoros korrelációt mutat ($r=0.9662$).

A fűszerpaprika őrlemény színét befolyásoló termesztési, éghajlati körülményekről, technológiai műveletekről, valamint fizikai és kémiai jellemzőkről a következő eredményeket olvashatjuk a szakirodalomban.

ANDRÉ és VARGA (1976) az 1974 és 1975 évek terméséből készített őrlemények színjellemzőit összehasonlítva különbséget talált, bizonyítva ezzel az időjárás hatását a fűszerpaprika, ezáltal a belőle készített őrlemény színére.

BORONAT et al. (2002) a termőtalaj, valamint annak foszfor és kálium tartalmának színjellemzőkre gyakorolt hatását két fajta esetén vizsgálta. Eredményei azt mutatják, hogy szignifikáns hatása a fajta megválasztásának van, bár a talaj alacsony foszfor és kálium hatására C_{ab}^* alacsonyabb, a különbség $p=0.01$ nem szignifikáns.

Több kutató vizsgálta, hogy melyik színjellemző legalkalmasabb a paprika érettségi stádiumának jellemzésére. LANDRON DE GUEVARA et al. (1996) és PARDO-GONZALEZ (1997) C_{ab}^* króma értékét találta legmegfelelőbbnek, KRAJAYLANG et al. (2000) szerint C_{ab}^* csak a még szinte zöld és a beérett piros termés megkülönböztetésére alkalmas. Úgy találta, hogy L^* világossági koordináta jellemzi leginkább a paprika érettségének mértékét.

A szárítás az őrlemény gyártás nagy körütekintést igénylő lépése, mint arról már részletesen írtunk az 2.3. fejezetben, optimális körülményeinek meghatározásával számos tudományos munka foglalkozik. Ezek közül KIM et al.(2002) és SIMAL et al. (2005) vizsgálatai terjedtek ki a színjellemzők szárítás alatti elemzésére is. Mindkét szerző C_{ab}^* króma értékét alkalmazta a szín jellemzők változásának leírására. SIMAL et al. (2005) azt találta, hogy az optimális szárítási

hőmérséklet 50-75°C, ebben a hőmérséklet tartományban C_{ab}^* értéke nem változik. KIM et al.(2002) arra a következtetésre jutott, hogy a szárítási hőmérséklet még a tárolás első két hetében is $P=0.05$ szinten szignifikáns hatással van a szín stabilitására.

A szárítást követő aprítás művelete során végbemenő színváltozást elemezte HUSZKA és VÉHA (1987). Vizsgálataikat Alpine UP-500 típusú, keresztáramlású, légöblítéses őrlő berendezés használata mellett végezték. A őrleményeket az aprítás egyes fázisaiban különböző szemcseméretű frakciókra választották szét és a szín változásának jellemzésére a 0-125 μm szemcseméret tartomány színjellemzőihez számított ΔH_{ab}^* színezeti különbség értéket alkalmazták. Megállapították, hogy az őrlés során mindvégig a 0-125 μm szemcseméret tartomány színe a legkevésbé piros, emellett az aprítási folyamat során a különbség fokozatosan növekszik.

Hengerszékes őrlés művelete előtti dara és az őrlést követően keletkezett töret színjellemzőinek összehasonlítását végezte el HALÁSZNÉ et al. (1987). Arra a következtetésre jutott, hogy az őrlés hatására C_{ab}^* értéke átlagosan 7.9 egységgel, L^* világossági koordináta pedig 4.1 egységgel növekedett. Tehát az őrlemény világosabbá és élénkebb pirossá vált. A kondicionálás művelete előtt és után mért színkoordináta értékek összevetése azt mutatta, hogy az átlagosan 5%-o nedvességtartalom növekedés hatására az őrleménye színe pirosabbá vált, hiszen ΔH_{ab}^* átlagosan –6 egységnek adódott.

HUSZKA et al.(1984, 1987a, 1990) azt vizsgálta, hogyan alakul az őrlemény színe, ha - mint ahogyan az a nagyüzemi gyártási technológiában szokásos – különböző színű őrlemények keverékeként állítjuk elő. Bizonyította, hogy azonos szemcseméretű fűszerpaprika őrlemények keverése során az X, Y és Z trikromatikus értékek a komponensek tömeg arányának megfelelően változnak. Ennek alapján dolgoztunk ki először olyan eljárást, amely a malmi őrlemények és a gyártandó minőség jellegmintájának trikromatikus értékeit is figyelembe vette a keverési arány meghatározásánál. Így lehetőség nyílt a végtermék színének kialakítására. A számítástechnika akkori fejlettségi szintje mellett alkalmazása azonban kissé hosszadalmas és körülményes volt.

A telített gőzzel történő csíraszegényítés hatását vizsgálta CSICSIRKÓ (2002). Az eredmények azt mutatták, hogy a kezelés hatására kismértékben érzékelhető színváltozás következik be $\Delta E_{ab}^* = 2.55 \pm 0.3$. Több szerző azt állapította meg, hogy ha a csíraszegényítést ionizáló sugárzás alkalmazásával végzik, akkor nem következik be szignifikáns ($p=0.05$) változás a színkoordináták értékében (FEKETE-HALÁSZ és KISPÉTER, 1996; NIETO-SANDOVAL, 2000; KISPÉTER et al., 2003).

A Koreában honos fajták, és feldolgozási technológia mellett hasonlította össze különböző nedvességtartalmú és szemcseméretű őrlemények CIELab jellemzőit CHEN et al. (1999). A nedvességtartalmat 10-15% között változtatva $p=0.05$ szinten nem talált szignifikáns különbséget a

színjellemzők között. A szemcseméret változtatása L^* világossági koordinátára szignifikáns ($p=0.05$) hatással volt, a szemcseméret csökkenésével L^* értéke növekedett, ugyanakkor nem változott jelentősen C_{ab}^* és h_{ab}^0 értéke.

2.4.5. A szakirodalom eredményeinek értékelése

A fent leírtak alapján megállapíthatjuk a következőket.

- ✓ Fűszerpaprika őrlmények műszeres színmérését még nem alkalmazzák az ipari gyakorlatban.
- ✓ A kutatók között még nem alakult ki egy egységes álláspont arra nézve, hogy melyik színjellemző legalkalmasabb az őrlemény színváltozásainak nyomon követésére, illetve a színjellemzők milyen feltétel rendszere alapján dönthető el két őrlemény összehasonlítása esetén a vizuálisan érzékelhető különbség mértéke.
- ✓ Az őrleménygyártás gyakorlati tapasztalataiból ismert tény, hogy a túl alacsony szemcseméretű őrlemény színe világosabb, valamint gyártási tapasztalatból tudjuk, hogy ha nedvességtartalmát és olajtartalmát növeljük, akkor az őrlemény színe mélyebb piros lesz. Ugyanakkor nem találtunk olyan eredményeket, melyek leírják, hogy a szín észlelt változását színkoordináták milyen változása magyarázza.
- ✓ Bebizonyosodott, hogy a színezéktartalom nem határozza meg egyértelműen az őrlemény színét, de nem történtek vizsgálatok arra vonatkozóan, hogy ha az őrlemény színezéktartalmát növeljük, akkor milyen módon változnak színjellemzői.

Mindezek alapján a munka célját az alábbiakban fogalmaztuk meg.

2.5. A munka célja

A dolgozat célja a fűszerpaprika őrlmények színjellemzőinek olyan komplex elemzése, amely tudományos élet és a gyakorlat számára egyaránt hasznos eredményeket szolgáltat, és kiterjed az alábbi problémák vizsgálatára:

- ✓ Milyen a műszeres színmérés ismétlőképessége fűszerpaprika őrlmények esetén.
- ✓ Az őrlmények színjellemzőinek milyen feltételrendszere alapján következtethetünk két minta összehasonlítása esetén a vizuálisan érzékelt különbség mértékéről.
- ✓ Milyen különbség van az őrlemény egyes szemcseméret frakcióinak színjellemzői között.
- ✓ Hogyan változnak az őrlemény színjellemzői, ha növeljük nedvességtartalmát, olajtartalmát vagy színezéktartalmát.

- ✓ Hogyan határozható meg a keverék őrlemények a^* , b^* és L^* színekoordinátája a komponensek színekoordinátái alapján.
- ✓ A vizsgálatok eredményei alapján hogyan adhatunk meg egy olyan eljárást, amely segítségével ismert színjellemzőjű célminta és komponensek esetén úgy határozható meg a komponensek keverési aránya, hogy az előállított keverék színe vizuálisan megfeleljen célminta színének

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A műszeres színmérés eszköze és módszere

A színmérés elvégzéséhez Minolta CR 300 tristimulusos színmérő készüléket használtunk. A műszert a 12. ábrán láthatjuk.



12. ábra A Minolta CR-300 tristimulusos színmérő készülék

A készülék $d/0^\circ$ mérőgeometriájú, vagyis a mérendő felületet diffúz módon világítja meg, és a 0° -os szögben, vagyis a merőlegesen visszaverődő fény halad át a mérés során a piros, zöld és kék színszűrőkön. A mért felület 8mm átmérőjű kör. A műszer X, Y és Z trikromatikus értékek mérése után meghatározza (10) képlet alapján L^* , a^* és b^* színekoordinátákat. A (10) képletet 2.4.1.5. fejezet (3) képletéből származtatjuk, az alkalmazott sugárzás eloszlásnak és látómezőnek megfelelő X_0 , Y_0 , és Z_0 értékek behelyettesítésével. A készülék az adatokat tárolja, majd számítógéppel összekapcsolva szoftvere segítségével az értékeléshez használható formátumúra transzformálja.

$$\begin{aligned} L^* &= 116 \left(\frac{Y}{100} \right)^{\frac{1}{3}} - 16, \\ a^* &= 500 \left(\left(\frac{X}{95.045} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{100} \right)^{\frac{1}{3}} \right) \text{ és} \\ b^* &= 200 \left(\left(\frac{Y}{100} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{108.892} \right)^{\frac{1}{3}} \right). \end{aligned} \quad (10)$$

A fűszerpaprika őrlemények színének méréséhez a műszerhez csatlakoztatható porok mérésére alkalmas mérőfeltétet használtuk, melyet a 13. ábrán mutatunk be.



13. ábra A Minolta CR-300 színmérő készülékhez tartozó pormérő feltét

Az őrleményt a színméréshez a pormérő feltétbe töltöttük, megfelelően tömörítettük, ügyelve arra, hogy a feltét speciális üveglapjának alsó felületén az őrlemény egyenletes, homogén eloszlást mutasson. A műszer az őrlemény színjellemzőit a speciális üvegen keresztül méri. Ennek megfelelően a mérések elvégzésekor az üvegnek mindig maradéktalanul tisztának kell lenni, ezért két mérés között a paprikából esetlegesen rátapadó, elsősorban olaj szennyeződéstől meg kell tisztítani.

3.2. Az őrlemények színezéktartalmának meghatározása

Az őrlemények színezéktartalmát ASTA egységben adtuk meg. Meghatározása az MSZ 9681 5: 2002 előírásának megfelelően történt, a 2.3.2.1. fejezetben leírtak szerint.

A mérések részben a Szegedi Paprika Rt. laboratóriumában, részben az SZTE Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai Kar Élelmiszeripari Műveletek és Környezettechnika Tanszékén kerültek elvégzésre.

3.3. A mérések során felhasznált őrlemények jellemzői

A vizsgálatokhoz felhasznált őrlemények többségében a Szegedi Paprika Rt. üzemében készültek, néhány mintát kereskedelmi forgalomból szereztünk be. A vizsgált minták az általános magyar feldolgozási technológiával készültek.

Az egyes mérésekhez használt őrlemények jellemzőit az adott fejezetben adjuk meg pontosan.

Összességében a vizsgált őrlmények a következőképpen jellemezhetők:

- ✓ Alapanyaguk a szegedi tájkörzet 2002, 2003 és 2004 évi termése, illetve dél afrikai és dél-amerikai import fűszerpaprika.
- ✓ Színezéktartalmuk 63 és 272 ASTA egység között változott.
- ✓ Szemcseméretük a 0-500 μm tartományba esett, átlagos szemcseméretük 245 μm és 355 μm között változott, hasonlóan változó volt szemcseeloszlásuk.
- ✓ Nedvességtartalmuk 7% és 12% között változott.

3.4. A színmérés ismétlőképességének meghatározása fűszerpaprika őrlmények esetén

A 14. ábrán láthatjuk egy különleges és egy csemege minőségű őrlemény felületi színét. Jól látszik, hogy az őrleménye színe csak megközelítőleg homogén, ezért feltétlenül szükséges, hogy a mért színjellemzők elemzéséhez, változásuk mértékének értékeléséhez meghatározzuk a színmérés hibáját, ismétlőképességét fűszerpaprika őrlmények esetén. Ezt szolgálták az első mérési sorozatok.



14. ábra A fűszerpaprika őrlemény felületi színe

3.4.1. A műszer ismétlőképességének mérése

A műszer ismétlőképességének meghatározásához 9 mérési sorozatot végeztünk az alábbiak szerint. Az őrleményt betöltöttük a pormérő feltétbe, majd 10 alkalommal elvégeztük a szín mérését. Az őrlemény magyar fűszerpaprikából készült. Az adatok értékeléséhez a színmérés ismétlőképességének meghatározására általában használt eljárást követtük (LUKÁCS, 1982). Kiszámítottuk a 10 mérésből a színikoordináták átlag értékeit és az egyes mérési eredmények ettől való színinger különbségeit (ΔE_{ab}^*) 2.4.1.5. (6) képletének megfelelően, valamint az adatok szórását. A kapott tíz színinger különbség átlaga, az átlagos színinger különbség ($\overline{\Delta E_{ab}^*}$) és az

előforduló legnagyobb színínger különbség $\max(\Delta E_{ab}^*)$ együttesen adják meg a műszer színmérési ismétlőképességét.

3.4.2. A fűszerpaprika őrlemények színmérésének ismétlőképessége

A fűszerpaprika őrlemény mind szemcsemérete, mind pedig színe alapján csak megközelítőleg tekinthető homogénnek. Ezért szükségesnek tartottuk olyan ismétlőképességre vonatkozó mérések elvégzését, amelyeknél nem csak a színmérést ismételtük meg, hanem a méréshez újra elvégeztük a pormérő feltét betöltését is.

3.4.2.1. A mérés ismétlőképességének meghatározása szűk szemcseméret tartományba eső őrleményeknél

Ezekhez a mérésekhez az őrleményeket szitálás alkalmazásával különböző szemcseméret tartományú frakciókra bontottuk. Az ismétlőképesség mérését az alábbi mintákon végeztük el:

- ✓ Szegedi tájörzetben termelt alapanyagból készült, szemcsemérete: 125-250 μ m
250-315 μ m
315-400 μ m
400-500 μ m
- ✓ Dél-afrikai alapanyagból készült, szemcsemérete: 315-400 μ m
- ✓ Dél-amerikai alapanyagból készült, szemcsemérete: 400-500 μ m

Minden őrlemény esetén 10-szer végeztük el a színmérését úgy, hogy a betöltést is megismételtük.

3.4.2.2. A mérés ismétlőképességének meghatározása teljes őrlemények esetén

A teljes őrlemények esetén 10 alkalommal végeztünk méréseket az ismétlőképesség meghatározására. 7 esetben magyar, 2 esetben dél-afrikai és 1 esetben brazil alapanyagból készült őrleményt mértünk, mindegyiket 10-szer, a betöltés megismétlésével. Az ismétlőképesség megadásához az adatok a 3.4.1. fejezetben leírtak szerint értékeltük.

3.5. Fűszerpaprika őrlemény minták színkülönbségének meghatározása vizuálisan és műszerrel mért jellemzők alapján

A felhasznált őrlemények széles minőségi skálából származtak, színezéktartalmuk 63 és 224 ASTA

egység között változott. Alapanyagukat tekintve magyar, dél-amerikai és dél-afrikai, valamint keverék őrleményeket vizsgáltunk. Az őrlemények nedvességtartalma 10-11% között változott, szemcseméretük 0-500µm szemcseméret tartományba esett.

Az elemzéshez 524 minta pár összehasonlítását végeztük el az alábbi módon. A minta párok színének eltérését először szemrevételezéssel minősítettük. Az értékelést 5 ember végezte egymástól függetlenül. A minta párok 1-3 pontszámot kaptak a 5.táblázatban foglaltak alapján. A bírálóktól kapott pontszámokat átlagoltuk és az átlag kerekített értékének megfelelő osztályba soroltuk a vizuális értékelés alapján az adott őrlemény minta párt. Ezt követően elvégeztük az őrlemények színmérését, minden minta esetén 3 párhuzamos mérést végeztünk. A minták színét a 3 mérés eredményéből számított átlag szinkoordinátákkal jellemeztük.

5.táblázat A színeltérés érzékszervi minősítésének pontszámai

Pontszám	Szín eltérés mértéke
1	Nem érzékelhető
2	Alig érzékelhető
3	Jól érzékelhető

Az értékeléshez meghatároztuk a minta párok színekülönbség értékét (ΔE_{ab}^*) 2.4.1.5. (6). képlet alapján, valamint kiszámítottuk az egyes szinkoordináták eltérését is.

3.6. Mérések a szemcseméretnek az őrlemény színjellemzőire gyakorolt hatásának elemzéséhez

3.6.1. A különböző szemcseméret frakciók színmérése

Annak elemzéséhez, hogy különbözik-e egymástól az őrlemények különböző szemcseméret frakcióinak színe, 20 őrlemény színmérését végeztük el. A vizsgálathoz 14 magyar, 3 dél-amerikai és 3 dél-afrikai fűszerpaprikából készült őrleményt választottunk. Az őrleményekből 150 g-ot először szitálással az alábbi szemcseméret frakciókra bontottuk:

- ✓ 63µm-125µm
- ✓ 125µm-250µm
- ✓ 250µm-315µm
- ✓ 315µm-400µm
- ✓ 400µm-500µm

Ezután megmértük az egyes frakciók tömegét, majd elvégeztük a színmérést minden szemcseméret frakció és a teljes őrlemény esetén is, háromszor megismételve. A minták színét a 3 mérés eredményéből számított átlag színekoordinátákkal jellemeztük, valamint kiszámítottuk h_{ab}^0 színezeti szög és C^* króma értékét. A kapott adatokat varianciaanalízis alkalmazásával értékeltük, valamint őrleményenként kiszámítottuk a különböző szemcseméret frakciók illetve a teljes őrlemény színjellemzői között értelmezett ΔE_{ab}^* színekülönbség, ΔC_{ab}^* króma különbség és ΔH_{ab}^* színezeti különbség értékét. Meghatároztuk továbbá az őrlemények szemcseeloszlását és átlag szemcseméretét.

3.6.2. Különböző szemcseméretű őrlemények színjellemzőinek mérése 6 hónap tárolás után

A méréseknek az volt a célja, hogy megvizsgáljuk, befolyásolja-e az őrlemények színjellemzőiben 6 hónap tárolás alatt bekövetkezett változás mértékét a szemcseméret.

A vizsgálatot 4 magyar, 3 dél-afrikai és 1 dél-amerikai alapanyagból készült őrlemény esetén végeztük el. Mintát vettünk a mérésekhez az elsődleges őrlést követő 1000 μ m átmérőjű szitán történő szitálás utáni darából, majd a kész őrleményből.

Az 1000 μ m –es szitáról vett őrlemény mintákat szitálással a következő szemcseméret frakciókra bontottuk:

- ✓ 125-250 μ m
- ✓ 250-315 μ m
- ✓ 315-400 μ m
- ✓ 400-500 μ m
- ✓ 500-630 μ m
- ✓ 630-1000 μ m

Ezután elvégeztük a színmérést minden szemcseméret frakció és az őrlemény esetén is, háromszor megismételve. A minták színét a 3 mérés eredményéből számított átlag színekoordinátákkal jellemeztük. Ezt követően az őrleményeket sötét helyen 20-22°C között tároltuk 6 hónapig, majd ismét meghatároztuk a minták színjellemzőit.

Az őrlést követően és a 6 hónap tárolás után mért színekoordináták összehasonlítására regresszió analízist alkalmaztunk.

3.7. Fűszerpaprika őrlemények színmérése nedvességtartalmuk változtatása közben

A vizsgálat célja annak elemzése volt, hogy milyen mértékben befolyásolja az nedvességtartalom változása az őrlemények színjellemzőit.

3.7.1. A nedvességtartalom meghatározása

A nedvességtartalom meghatározása a fűszerpaprika őrleményekre vonatkozó MSZ 9681-3 szabványnak megfelelően történt, a 2.3.2.1. fejezetben leírtak szerint

3.7.2. A minták előkészítése és a szín mérése

A mérésekhez 10 különböző magyar fűszerpaprikából készített őrleményt használtunk. A mintákat közvetlenül az őrlés után, a nedvességtartalom beállítása előtt vettük. Első lépésként meghatároztuk az őrlemények nedvességtartalmát, majd mindegyik őrleményből készítettünk olyan mintákat, melyeknek az induló mintához képest 1, 2, 3, 4 illetve 5%-kal megnöveltük a nedvességtartalmát.

A minták nedvességtartalmának növelését a következőképpen végeztük el. Az őrlemények nedvességtartalma (n_0) alapján (11) képlet segítségével kiszámítottuk, hogy adott m tömeg esetén hány g víz (x) felvétele növeli a nedvességtartalmat $p\%$ -kal.

$$x = \frac{m \cdot p}{100 - n_0 - p} \quad (11)$$

Az őrleményekből ezután 5g mennyiséget mértünk be 4 tizedes pontosságú analitikai mérlegen, majd exsikkátorba helyeztük, melynek alsó részébe 70-80 °C-os vizet töltöttünk. Ezután a mintákat addig tartottuk az exsikkátorban, amíg tömegük a nedvességtartalom növekedésnek (1, 2, 3, 4 illetve 5%) megfelelően megemelkedett.

Az így kapott minták színjellemzőit meghatároztuk, 3 párhuzamos mérést végezve.

A kapott adatokat varianciaanalízis és regresszió analízis alkalmazásával értékeltük, valamint kiszámítottuk a megnövelt nedvességtartalmú őrlemények és a kezdeti őrlemény színjellemzői között értelmezett ΔE_{ab}^* színkülönbség, ΔC_{ab}^* króma különbség és ΔH_{ab}^* színezeti különbség értékét.

3.8. Fűszerpaprika őrlemények színmérése olajtartalmuk változtatása közben

A vizsgálat célja annak elemzése volt, hogy milyen mértékben befolyásolja az olajtartalom változása az őrlemények színjellemzőit.

A mérésekhez 10 különböző magyar fűszerpaprikából készített őrlményt használtunk. Az őrlmények színezéktartalma 100-161 ASTA egység között, nedvességtartalmuk 9.8% és 10.6% között változott. Az őrlmények a Szegedi Paprika Rt. üzemében készültek, olajtartalmuk szokásos gyári technológiának megfelelően 12%-tól 15%-ig változott, pontos meghatározására nem volt lehetőségünk.

Az olajtartalom növeléséhez napraforgóból készült étolajat használtunk azért, mert a paprika magolaj nem színezékmentes, ezáltal adagolása során nemcsak az őrlmények olajtartalma, hanem színezéktartalma is növekedett volna, így nem tudtuk volna elkülöníteni a két tényező hatását a színjellemzők alakulására. Ugyanakkor az étolaj összetételét tekintve alig különbözik a paprika magolajtól (NEUMULLER, 1984), tehát színelakító hatása sem tér el attól számottevően.

A minták előkészítéséhez az őrlményekből 10g mennyiségéhez adagoltunk 0.1g, 0.2g, 0.3g illetve 0.4g olajat, tehát a minták olajtartalmát tömegükre vonatkoztatva 1%, 2%, 3% illetve 4%-kal megnöveltük. A hozzáadott olajat keveréssel egyenletesen eloszlattuk a mintákban, majd az így kapott őrlményeket pihentettük, hogy olajtartalmuk kiegyenlítődjön. Ezt követően 4 óra múlva elvégeztük a szín mérését, minden mintát 3-szor, a betöltés megismétlésével mérve. A minták színét a 3 mérés eredményéből számított átlag színkoordinátákkal jellemeztük.

A kapott adatokat varianciaanalízis és regresszió analízis alkalmazásával értékeltük, valamint kiszámítottuk a megnövelt olajtartalmú őrlmények és a kezdeti őrlmény színjellemzői között értelmezett ΔE_{ab}^* színelkülönbség, ΔC_{ab}^* króma különbség és ΔH_{ab}^* színezeti különbség értékét.

3.9. Fűszerpaprika őrlmény színmérése színezéktartalmának növelése során

A vizsgálat célja annak elemzése volt, hogy milyen mértékben befolyásolja a színezéktartalom változása az őrlmények színjellemzőit.

3.9.1. Színmérés extrahált őrlmény színezéktartalmának növelése során

A mérésekhez először különböző minőségű fűszerpaprika őrlményekből aceton segítségével kioldottuk a színezékanyagok döntő részét. Az őrlmények színezéktartalma 92 ASTA és 170 ASTA között változott. A színezékek eltávolításához az őrlmények 2-2g mennyiségét 3-szor ismételve 1-1dl acetonnal átmostuk, majd az oldatokat szűrtük és a szűrletet szobahőmérsékleten szárítottuk. Az eljárással az őrlmények színezéktartalma 10 ASTA egység alá csökkent. Az így kapott halvány sárga színű őrlményeket összekevertük. A színezéktartalom növelésére a fűszerpaprika olajában oldott színezékanyagát, oleoresint használtunk. Az extrahált őrlmény 10-10 grammjának színezéktartalmát növekvő mennyiségű (0.0186g, 0.0461g, 0.0626g, 0.0953, 0.3500g,

0.6399g) 89.84%-os oleoresin hozzáadásával megnöveltük. A hozzáadott oleoresint keveréssel egyenletesen eloszlattuk a mintákban, majd az így kapott örleményeket pihentettük, hogy színezéktartalmuk kiegyenlítődjön. Ezt követően 4 óra múlva elvégeztük a szín mérését, minden mintát 3-szor, a betöltés megismétlésével mérve. A minták színét a 3 mérés eredményéből számított átlag színekoordinátákkal jellemeztük. Ugyanakkor meghatároztuk az örlemények színezéktartalmát az MSZ 9681 5:2002 előírásának megfelelően, a 2.3.2.1. fejezetben leírtak szerint.

A mért színjellemzők és színezéktartalom értékek összefüggésének elemzéséhez regresszió analízist alkalmaztunk.

3.9.2. Színmérés az örlemények színezék- és olajtartalmának növelése során

A kísérlet célja az volt, hogy megvizsgáljuk, hogyan változik az örlemény színe színezéktartalmának növelése során, illetve annak elemzése, milyen eltérést okoz azonos mennyiségű oleoresin illetve olaj adagolása a színjellemzők alakulásában. Azt is vizsgáltuk, hogy a megnövelt színezék- illetve olajtartalmú minták színekoordinátái hogyan változtak a tárolás során.

A mérésekhez egy 72 ASTA és egy 136 ASTA színezéktartalmú örleményt választottunk. Mindkét örleményből készítettünk 5-5 megnövelt olaj-, illetve oleoresin tartalmú mintát a következőképpen. Az örlemények 10-10 grammjához a 6. táblázatban feltüntetett mennyiségű olajat illetve oleoresint adagoltunk. A hozzáadott oleoresint illetve olajat keveréssel egyenletesen eloszlattuk a mintákban, majd az így kapott örleményeket pihentettük, hogy színezék illetve tartalmuk kiegyenlítődjön. Ezt követően 4 óra múlva elvégeztük a szín mérését, minden mintát 3-szor, a betöltés megismétlésével mérve. A minták színét a 3 mérés eredményéből számított átlag színekoordinátákkal jellemeztük. Ugyanakkor meghatároztuk az örlemények színezéktartalmát az MSZ 9681 5:2002 előírásának megfelelően, a 2.3.2.1. fejezetben leírtak szerint.

Ezután a mintákat sötét helyen, 20-22°C-on tároltuk és a méréseket 1, 2 és 3 és 4 hónap elteltével megismételtük.

6. táblázat Az örlemény mintákhoz hozzáadott oleoresin és olaj mennyisége

72 ASTA színezéktartalmú őrl.		136 ASTA színezéktartalmú őrl.	
oleoresin, g	olaj, g	oleoresin, g	olaj, g
0,0213	0,0162	0,0200	0,0200
0,0418	0,0374	0,0445	0,0387
0,0703	0,0580	0,0658	0,0557
0,0859	0,0792	0,0907	0,0876
0,2484	0,2102	0,2206	0,2047

3.10. Színmérés a keverék őrlmények és komponenseik színkoordinátáinak összehasonlításához

3.10.1. Mérések laboratóriumi körülmények között

A következőkben azt vizsgáltuk, meghatározható-e a különböző minőségű őrlmények keverésével előállított őrlmény színkoordinátái az alapanyagok színkoordinátáinak tömeggel súlyozott átlagaként.

Vagyis azt vizsgáltuk, hogy, ha tekintünk n különböző fűszerpaprika őrlményt, melyeknek színkoordinátái ismertek:

$$L_i^* ; a_i^* ; b_i^* \quad (i = 1, \dots, n)$$

és ezekből keveréket készítünk olymódon, hogy m_i ($i=1, \dots, n$) jelöli az i -edik komponensből felhasznált mennyiséget, akkor a homogenizálás után kapott keverék színkoordinátái számolható-e a következő képletekkel:

$$L_v^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i L_i^*}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad a_v^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i a_i^*}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad b_v^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i b_i^*}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (12)$$

A felhasznált őrlmények színezéktartalma 74 és 224 ASTA egység között változott. Alapanyagukat tekintve magyar, dél-amerikai és dél-afrikai alapanyagból készült őrlményeket vizsgáltunk. Az őrlmények nedvességtartalma 10-11% között változott, szemcseméretük 0-500 μ m szemcseméret tartományba esett.

Az X, Y, Z színínger összetevők esetében azonos szemcseméretű fűszerpaprika őrlmény esetén bizonyítást nyert, hogy a keverés során tömegarányosan változnak (HUSZKA et al., 1985). A fűszerként használt paprikaőrlmények szemcséi 0-500 μ m tartományba esnek, az őrlmények átlag szemcsemérete 255 – 355 μ m között változik, szemcse eloszlásuk szintén változó, tehát az azonos szemcseméret feltétele nem teljesül. Ezért az első mérés sorozathoz az őrlményeket szitálással az alábbi szemcseméret frakciókra bontottuk: 0-63 μ m, 63-125 μ m, 125-250 μ m, 250-315 μ m, 315-400 μ m és 400-500 μ m, majd az azonos szemcseméret tartományba eső őrlményekből készítettünk keverékeket.

Ezután szitálás nélkül 80 különböző minőségű paprika őrlményből véletlenszerűen választva 2-6 komponensű, különböző arányú keverékeket készítettünk.

Az őrlemény keverékeket minden esetben megfelelően homogenizáltuk, majd 3 ismételtsben megmértük a színkoordinátákat. A minták színét a 3 mérés eredményéből számított átlag színkoordinátákkal jellemeztük. Ezután a keverési arálynak megfelelően a felhasznált alapanyagok színjellemzőiből (12) képlet alapján kiszámítottuk a keverék elméleti színkoordinátáit.

A két módszerrel kapott értékeket regresszió analízissel elemeztük, valamint minden keverék esetén kiszámítottuk a két színpont ΔE^*_{ab} színekülönbségét.

Az eljárást azonos szemcseméretű alapanyagok esetén 26, szitálás nélkül 66 esetben végeztük el.

3.10.2. Mérések üzemi körülmények között

Laboratóriumi eredményeink alátámasztására 10 gyártási tétel esetében üzemi körülmények között végeztünk méréseket, amelyre Szegedi Paprika Rt. vállalat adott lehetőséget. A mérésekhez kiválasztottunk 5 olyan fűszerpaprika őrlemény készterméket, amely előállítása sok (15- 20), esetenként igen eltérő színű őrlemény alapanyagból történt, és 5 olyan terméket, melyet kevés (5- 8) alapanyagból kevertek. Minden terméknel az alapanyagként felhasznált őrlemények és a késztermék színjellemzőit is megmértük, minden esetben szákonként 3 mintán elvégezve a mérést. Ezt követően kiszámítottuk az alapanyagok színkoordinátaiból tömegarányosan a késztermék elméleti színkoordinátáit, az előző pontban leírtak szerint. Az értékeléshez regresszió analízissel és páros t-próba alkalmazásával összehasonlítottuk késztermék mért és számított színkoordinátáit, valamint meghatároztuk a mért és számított színkoordináták különbségét és ΔE^*_{ab} színekülönbségüket.

3.11. Feltételrendszer felírása a keverék őrlemények színjellemzőinek beállítására

A következőkben célul tűztük ki egy olyan eljárás kialakítását, melynek segítségével egy előre adott őrlemény célminta esetén meg tudjuk adni a felhasználandó őrlemény alapanyagok olyan keverési arányát, melyet alkalmazva a végtermék és a célminta színekülönbsége a vizuálisan jól érzékelhető határ alatt marad.

A megoldáshoz felírtuk az alábbi feltételrendszert:

$$\left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{M} \cdot L_i^* - L_k^* \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{M} \cdot a_i^* - a_k^* \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{M} \cdot b_i^* - b_k^* \right)^2 \leq E^2 \quad (13)$$

$$x_i \leq k_i \quad (i=1, \dots, n)$$

Célfüggvény:

$$\sum_{i=1}^n x_i = M \rightarrow \max$$

Ahol x_i jelöli az i -edik alapanyagból felhasználandó mennyiséget,
 k_i jelöli az i -edik alapanyagból rendelkezésre álló mennyiséget,
 L_i^*, a_i^*, b_i^* jelölik rendre az i -edik alapanyag színkoordináta értékeket,
 L_k^*, a_k^*, b_k^* az előállítandó őrlemény színkoordinátái,
 E jelöli a megadott színkülönbség határt.

A célminta és az alapanyagok kiválasztása után a konkrét értékekre számítógép segítségével, az MS Excel Solver eszközét használva meghatároztuk a megfelelő x_i ($i=1, \dots, n$) mennyiségeket. Ezt követően előállítottuk a megoldás alapján a keveréket, majd megmértük színkoordinátáit.

Az értékeléshez meghatároztuk a célminta és a keverék színkoordinátáinak különbségét és ΔE_{ab}^* színkülönbségét. Az eljárást 77 célminta esetében hajtottuk végre. A célminta és a keverék színeltérését 47 esetben vizuálisan is minősítettük.

3.12. Az alkalmazott matematikai, statisztikai módszerek összefoglalása

Az egyes mérési sorozatok elvégzése során kapott adatok értékeléséhez használt matematikai, statisztikai módszereket a kísérlet leírásakor ismertettük. Az alkalmazott eljárásokat az alábbiakban foglaljuk össze.

A párhuzamos mérések esetén mindig meghatároztuk a mért értékek átlagát és szórását.

A mért értékek közötti összefüggések vizsgálatához a lineáris és nem lineáris regresszió analízis módszerét alkalmaztuk.

Az őrlemények színkülönbségének vizuális minősítésének és a megadott feltételek alapján műszerrel mért értékek alapján történő minősítésének egyezését kvalitatív változókra vonatkozó összefüggés vizsgálat eredményével igazoltuk (SVÁB, 1981).

Varianciaanalízis segítségével értékeltük a szemcseméret, a nedvesség-, olaj- és színezéktartalom színkoordinátákra gyakorolt hatását. A módszer alkalmazhatóságát, a csoportok varianciáinak homogenitását Cochran-próba segítségével bizonyítottuk (KEMÉNY és DEÁK, 2000). A tényezők belüli szintek átlagértékeinek összehasonlítására meghatároztuk a $p=0.05$ szignifikancia szinthez tartozó szignifikáns differenciát.

A keverékek mért és számított színkoordinátáinak egyezését páros t -próba és regresszió analízis segítségével bizonyítottuk (SVÁB, 1981; KEMÉNY és DEÁK, 2000)

Ahol az alkalmazott statisztikai módszer feltételezte, hogy az adatok normális eloszlású sokaságból származnak, ott annak ellenőrzésére Shapiro-Wilk- vagy Geary-próbát végeztünk (MESZÉNA és ZIERMANN, 1981 ; KEMÉNY és DEÁK, 2000).

A számításokat az MS Excel táblázatkezelő és a Statgraphics 6.0 statisztikai program csomagok segítségével végeztük el. Egy adott feltételrendszerhez és célfüggvényhez tartozó optimális megoldást az MS Excel Solver eszközének segítségével határoztuk meg.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A színmérés ismétlőképessége fűszerpaprika őrlmények esetén

4.1.1. A műszer ismétlőképessége

A műszer ismétlőképességének megadásához az azonos mintafelületen végzett mérések eredményeit az 2. melléklet tartalmazza. Az egyes mérési sorozatok esetén mért színikoordináták szórás, átlagos és maximális színkülönbség értékeit a 7. táblázatban tüntettük fel. Az értékek azt mutatják, hogy a szórás L^* -nál kisebb, mint a^* és b^* esetén. Az átlagos színkülönbség maximális ($\overline{\Delta E_{ab}^*}$) értéke 0,189 volt, míg a legnagyobb maximális színkülönbség ($\max(\Delta E_{ab}^*)$) 0,398-nak adódott. A teljesen homogén és sík felületek mérése esetén ezek az értékek a használt Minolta CR-300 színmérő esetén $\overline{\Delta E_{ab}^*}=0,05$ és $\max(\Delta E_{ab}^*)=0,1$. Őrlményeknél a nagyobb értékeket magyarázza, hogy a felület a leggondosabb minta előkészítést követően sem teljesen egyenletes színeloszlású. Az egyes sorozatok közötti eltérés oka az őrlmények minőségi különbségei. A jobb minőségű őrlmények felületi színe mindig egyenletesebb, elsősorban azért, mert a kisebb színezéktartalmú, alacsonyabb minőségi kategóriába tartozó őrlmények nagyobb százalékban tartalmazzák a fűszerpaprika nem piros színezékanyagú alkotórészeit, főként csumát. Jól illusztrálja ezt a 15. ábra, amelyen egy "különleges" és egy "rózsa" minőségű őrlmény mutatunk be.

7. táblázat A színikoordináták szórás, átlagos és maximális színkülönbség értékei az azonos mintán végzett mérések esetén

	Szórás			$\overline{\Delta E_{ab}^*}$	$\max(\Delta E_{ab}^*)$
	L^*	a^*	b^*		
1.sorozat	0,047	0,123	0,110	0,144	0,284
2.sorozat	0,077	0,121	0,163	0,189	0,398
3.sorozat	0,044	0,140	0,103	0,146	0,309
4.sorozat	0,099	0,138	0,066	0,155	0,301
5.sorozat	0,048	0,128	0,094	0,145	0,246
6.sorozat	0,049	0,175	0,087	0,163	0,385
7.sorozat	0,045	0,162	0,115	0,169	0,317
8.sorozat	0,036	0,087	0,087	0,111	0,201
9.sorozat	0,025	0,100	0,060	0,098	0,217
maximum	0,099	0,175	0,163	0,189	0,398



”Különleges”
Színezéktartalom:
192 ASTA



”Rózsa”
Színezéktartalom:
89 ASTA

15. ábra Egy ”különleges” és egy ”rózsa” minőségű őrlemény felületi színe

4.1.2. Ismétlőképesség azonos szemcseméretű őrlemények és a teljes őrlemények színmérésénél

Azonos szemcseméretű őrlemények és a teljes őrlemények színmérése ismétlőképességének megadásához végzett mérések eredményeit a 3. illetve a 4. melléklet tartalmazza.

A 8. táblázat az egyes szemcseméret frakciók esetén, a 9. táblázat a teljes őrleményeknél mért színekoordináták szórás, átlagos és maximális színekülönbség értékeit mutatja.

A 8. táblázat értékei alapján azt mondhatjuk, hogy a különböző szemcseméret frakciók színekoordinátáinak szórása között nincs számottevő különbség. Azt is megállapíthatjuk, hogy mind a színekoordináta értékek szórása, mind a színekülönbség értékek növekedtek az azonos felületeken végzett mérésekből számított értékekhez képest. Ez egyértelműen magyarázható azzal, hogy az őrlemények még egy szűk szemcseméret tartományban sem teljesen homogének.

8. táblázat A színekoordináták szórás, átlagos és maximális színekülönbség értékei az azonos szemcseméretű mintákon 10 különböző betöltéssel végzett mérés esetén

Szemcseméret	Szórás			$\overline{\Delta E_{ab}^*}$	$\max(\Delta E_{ab}^*)$
	L^*	a^*	b^*		
125-250 μm	0,279	0,184	0,347	0,380	0,903
250-315 μm	0,259	0,228	0,337	0,405	0,913
315-400 μm	0,327	0,201	0,335	0,447	0,677
315-400 μm	0,271	0,332	0,286	0,452	0,857
400-500 μm	0,311	0,279	0,370	0,500	0,784
400-500 μm	0,180	0,231	0,388	0,419	0,904
Maximum	0,327	0,332	0,388	0,500	0,913

A teljes őrlemények esetén (9. táblázat) az egyes szemcseméret frakciókhoz képest csak b^* esetén tapasztaltunk kisebb növekedést, illetve a magyar7 jelű őrleménynél $\max(\Delta E_{ab}^*)$ értéke magasabb volt, 1,103 egység. Ezt a magasabb értéket az magyarázza, hogy ez egy rózsza minőségű, alacsony

színezéktartalmú őrlemény volt, amelyről már szemrevételezéskor látszott, hogy magas benne a fűszerpaprika nem piros alkotórészeinek aránya. Az ilyen őrlemények esetén a mérések eredményét az átlagosnál jobban befolyásolja, hogy a pormérő feltét mért felületére milyen arányban kerülnek az őrlemény bőr, illetve egyéb nem piros alkotórészei. Ebből következik, hogy az alacsonyabb minőségi osztályba tartozó őrlemények színmérésének ismétlőképessége fokozott inhomogenitásuk miatt rosszabb. Ezzel a problémával azonban nemcsak a színmérésnél találkozunk, hanem az őrlemények színezék-, hamu- és homok tartalmának meghatározásakor is. Ez indokolja, hogy például az őrlemények színezéktartalmának meghatározására vonatkozó MSZ: 9681-5:2002 szabvány, a két párhuzamos mérés között megengedett eltérést a középérték 10%-ban limitálja. A színkoordináták szórás értékei, ahogyan a 9. táblázat és a 4. melléklet adatai mutatják, nem haladják meg a 4 %-ot.

A fentieket a színjellemzők összehasonlító értékelése során figyelembe kell venni, az azonos mintán végzett mérések esetén számított színkülönbségnél kisebb különbség nem tekinthető érzékelhető különbségnek..

9. táblázat A színkoordináták szórás, átlagos és maximális színkülönbség értékei az őrlemény mintákon végzett mérések esetén

Minta	Szórás			$\overline{\Delta E_{ab}^*}$	$\max(\Delta E_{ab}^*)$
	L*	a*	b*		
magyar1	0,148	0,267	0,510	0,547	0,836
magyar2	0,218	0,216	0,336	0,393	0,775
magyar3	0,191	0,206	0,321	0,385	0,661
magyar4	0,197	0,230	0,495	0,535	0,806
magyar5	0,178	0,279	0,392	0,436	0,912
magyar6	0,198	0,246	0,346	0,411	0,831
magyar7	0,219	0,325	0,541	0,559	1,103
dél-afrikai1	0,202	0,249	0,236	0,329	0,725
dél-afrikai2	0,127	0,391	0,181	0,406	0,593
brazil	0,376	0,306	0,257	0,485	0,730
Maximum	0,376	0,391	0,541	0,559	1,103

4.1.3. A reprezentatív mérésszám meghatározása

Következő lépésként megvizsgáltuk, hány mintát szükséges megmérni egy adott őrlemény esetén, hogy a mért színkoordináták átlaga alkalmas legyen színének jellemezésére. Igyekeztünk a szükséges mérés számot minimálisra csökkenteni, azért, hogy a mérés gyakorlatban is gyorsan alkalmazható legyen. Ezért statisztikai elemzést végeztünk annak eldöntésére, hogy 3 mérés átlaga megfelelően jellemzi a színt, azaz megvizsgáltuk az ismétlőképesség megadásához végzett mérés

sorozatok esetén a 10 mérés átlag és az első 3 mérés átlaga egyezőnek tekinthető-e. A két átlag összehasonlítására t-próbát végeztünk. A t-próba elvégzéséhez szükséges F-próba eredményét a 5. mellékletben közöljük, az átlagokat és a kiszámított t-értéket a 10. táblázat tartalmazza.

Az átlagok összehasonlítása azt mutatja, hogy az átlagok eltérése sehol nem haladja meg 10 mérésből számított szórás értékét, L* esetén 0,29, a* esetén 0,33, b*-nál 0,30 egység az eltérés maximuma. A t-próba eredménye alapján azt mondhatjuk, hogy a kapott t érték egy esetben sem haladta meg a p=0,05 szignifikancia szinthez tartozó kritikus t értékét, amely egyező szórású minták esetén **t=2,20**, eltérő szórású minták esetén **t=2,26**. Tehát a 3 párhuzamos mérés átlaga nem különbözött egy esetben sem szignifikánsan (p=0.05) a 10 párhuzamos mérés átlagától. Ezért a további vizsgálatok során minden esetben 3 párhuzamos mérést végeztünk, és az örleményt a kapott szinkordináták átlagával jellemeztük.

10.táblázat Az ugyanazon mintán végzett 10 és 3 párhuzamos mérés átlagának összehasonlítása

Minta	10 mérés átlaga			3 mérés átlaga			t-érték		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
125-250 µm	35,59	16,92	21,23	35,46	16,82	21,11	0,747	0,821	0,565
250-315 µm	36,97	17,03	22,04	36,67	17,08	22,02	1,674	-0,341	0,114
315-400 µm	38,80	18,27	25,51	38,50	18,38	25,68	1,456	-0,767	-0,733
315-400 µm	33,71	19,54	16,10	33,47	19,76	16,38	1,389	-1,135	-1,561
400-500 µm	32,94	19,47	17,15	32,89	19,71	16,94	0,216	-1,389	0,898
400-500 µm	34,53	17,98	19,05	34,59	17,99	19,35	-0,592	-0,056	-1,086
1.sorozat	32,84	18,86	18,25	32,88	18,78	18,24	-1,363	0,867	0,208
2.sorozat	33,27	19,28	18,39	33,29	19,29	18,38	-0,300	-0,201	0,104
3.sorozat	33,29	19,27	18,84	33,31	19,23	18,81	-0,807	0,409	0,433
4.sorozat	33,43	18,94	19,21	33,50	18,86	19,25	-1,105	0,709	-1,151
5.sorozat	33,20	19,11	19,09	33,22	19,07	19,17	-0,446	0,444	-1,378
6.sorozat	32,98	19,19	19,16	32,97	19,22	19,20	0,367	-0,235	-0,512
7.sorozat	32,22	18,50	16,78	32,19	18,62	16,84	0,896	-1,192	-0,777
8.sorozat	32,32	18,41	17,09	32,33	18,40	17,08	-0,787	0,265	0,200
9.sorozat	32,49	18,61	16,98	32,50	18,56	17,00	-0,634	0,737	-0,363
magyar1	32,62	20,36	17,99	32,64	20,17	17,92	-0,197	1,033	0,186
magyar2	35,87	17,37	22,85	35,97	17,38	22,93	-0,723	-0,027	-0,368
magyar3	34,02	21,71	20,05	34,07	21,80	20,17	-0,447	-0,713	-0,643
magyar4	34,59	21,86	21,67	34,49	21,81	21,45	0,774	0,361	0,612
magyar5	32,77	16,57	19,02	32,75	16,36	19,01	0,171	1,197	0,027
magyar6	33,86	19,63	15,94	33,77	19,91	15,94	0,689	-1,889	0,003
magyar7	33,01	18,92	14,51	32,99	19,04	14,29	0,132	-0,543	0,601
dél-afrikai1	34,19	19,42	14,53	34,30	19,67	14,73	-0,842	-1,693	-1,361
dél-afrikai2	29,85	19,32	9,14	29,92	19,55	9,04	-0,791	-0,875	0,889
brazil	34,18	18,65	15,66	34,08	18,98	15,70	0,388	-1,804	-0,233

4.2.Fűszerpaprika őrlemények vizuálisan és műszerrel mért jellemzők alapján meghatározott színkülönbségének kapcsolata

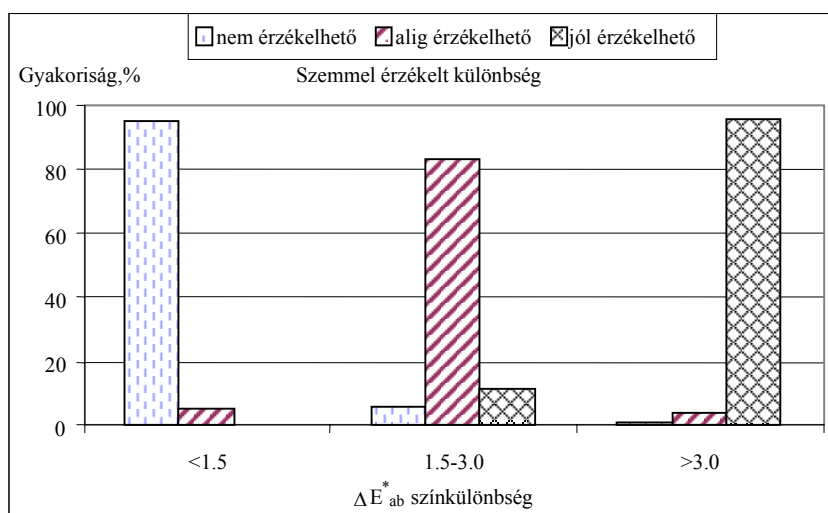
A minta párok vizuális összehasonlításának eredményét, valamint a színkoordinátaikból számított színínger különbség és színkoordináta különbség értékeket a 6. mellékletben láthatjuk. Az értékeléshez először az összehasonlított őrlemény minta párok között számított színkülönbség érték tartományát a 11. táblázatban feltüntetett intervallumokra osztottuk, és meghatároztuk az így kapott értéktartományokban a három vizuális minősítési osztály gyakoriságát. Az eredményt a 11. táblázat mutatja. Az értékekből egyértelműen látszik, hogy az eloszlásban jelentős változás először akkor van, amikor ΔE_{ab}^* meghaladja az 1,5 egységet, majd ezt követően pedig akkor, amikor nagyobb lesz 3 egységnél. Ezért a továbbiakban ezt a három értéktartományt vettük figyelembe és ezekben határoztuk meg a vizuális minősítési osztályok gyakoriságát. A kapott értékeket a 16. ábrán mutatjuk be. Az ábrán jól látszik, hogy ha $\Delta E_{ab}^* \leq 1,5$, akkor a minta párok 95%-ában nem volt vizuálisan érzékelhető különbség, ez megegyezik LUKÁCS (1982) megállapításával, miszerint ha két színpont színkülönbsége kisebb 1,5-nél, akkor közöttük az emberi szem nem érzékeli a különbséget.

11. táblázat A vizuális minősítési osztályok relatív gyakorisága az egyes színkülönbség értéktartományokban, %

ΔE_{ab}^*	Vizuális minősítési osztály			Az érték-tartományba eső minták száma, db
	1	2	3	
0,0-0,5	100,0	0,0	0,0	14
0,5-1,0	100,0	0,0	0,0	50
1,0-1,5	91,8	8,2	0,0	73
1,5-2,0	15,5	72,4	12,1	58
2,0-2,5	0,0	94,2	5,8	52
2,5-3,0	0,0	81,0	19,0	58
3,0-3,5	3,1	21,9	75,0	32
3,5-4,0	0,0	3,4	96,6	29
4,0 felett	0,0	0,0	100,0	158

Azt is láthatjuk, hogy ha $1,5 < \Delta E_{ab}^* \leq 3,0$, akkor a minta párok 5%-ában nem, 83%-ában alig, 12%-ában jól érzékeljük a különbséget, ugyanakkor ha $3 < \Delta E_{ab}^*$, jól látható a különbség 96%-nál.

Elemezve a színkülönbség értékek eloszlását a három vizuális minősítési osztályban megállapítottuk, hogy az értékek mindhárom esetben normális eloszlást követtek ($p=0.01$).

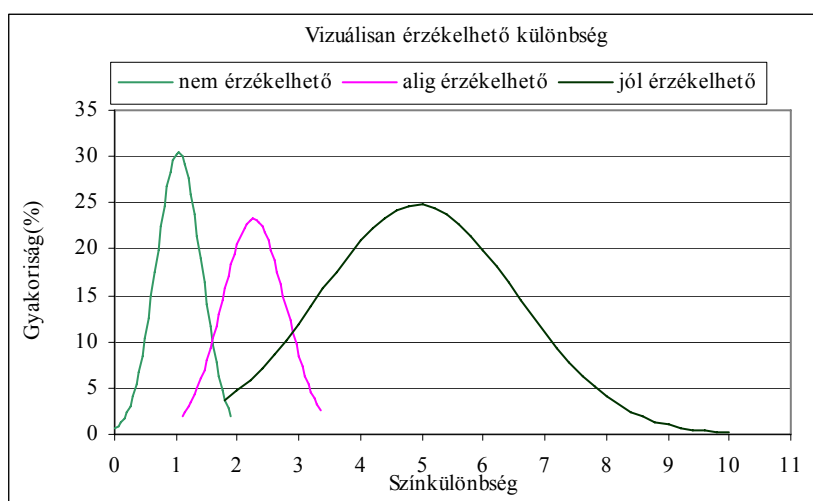


16. ábra A vizuális minősítési osztályok gyakorisága az egyes színekülönbség értéktartományokban

A "nem érzékelhető" különbség osztály esetén a várhatóérték, $m=1,04$, a szórás $\sigma=0,408$, az "alig érzékelhető" különbség osztály esetén $m=2,26$ és $\sigma=0,521$, a "jól érzékelhető" különbség osztály esetén $m=4,95$ és $\sigma=1,61$ voltak az eloszlások paraméterei. Az előbbi eredmények alapján a gyakorisági hisztogramokra illesztett görbéket a 17. ábrán mutatjuk be. Az ábrán látszik, hogy a "nem érzékelhető" és az "alig érzékelhető" különbség osztály értékei jól elkülönülnek, ezért a két osztály közötti színekülönbség értékhatárnak megfelelő a két görbe metszéspontja. A két függvény görbét leíró egyenletből meghatároztuk metszéspontjukat, melyre $\Delta E_{ab}^* = 1,58$ értéket kaptunk.

A fentiek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy ha két fűszerpaprika örlemény színe között szemmel nem érzékelünk különbséget, ha a színekkoordinátáiból számított színekülönbségre teljesül:

$$\Delta E_{ab}^* \leq 1,58 \quad (14)$$



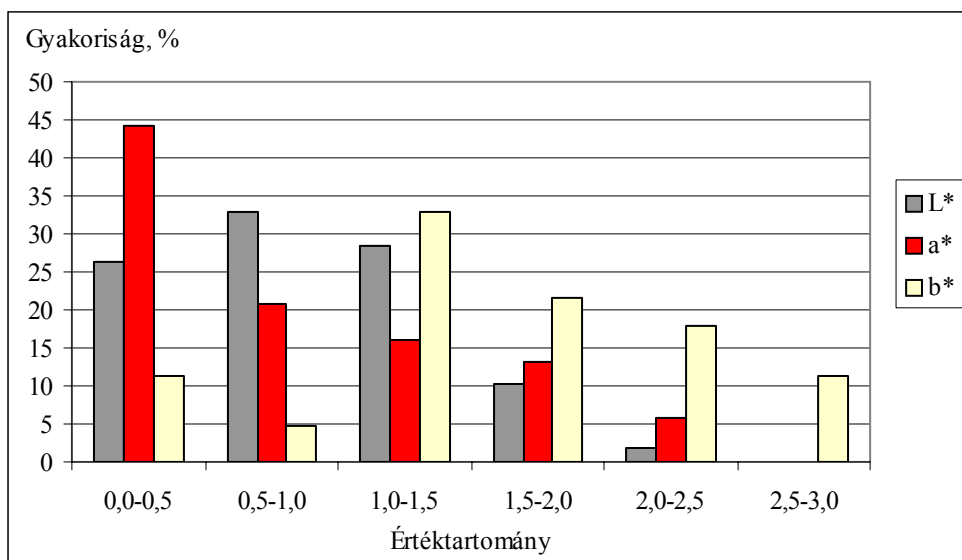
17. ábra A színekülönbség értékek gyakorisága az egyes vizuális minősítési osztályok esetén

Az "alig érzékelhető" és a "jól érzékelhető" különbség osztály esetén a metszéspont a $\Delta E_{ab}^* = 2,94$ értéknél van. A 17. ábra alapján azt mondhatjuk, hogy ennél magasabb érték esetén a különbség jól érzékelhető, viszont a 2-2,94 színkülönbség érték tartomány esetén további elemzés szükséges. Ezért annak feltételét, hogy a minta párok között a színeltérés jól érzékelhető az alábbiakban adtuk meg:

$$\Delta E_{ab}^* > 2,94 \quad (15)$$

A szemmel jól érzékelhetőségre vonatkozó értékhatár gyakorlatilag megegyezik HUSZKA et al. (1985) által megállapított $\Delta E_{ab}^* = 3$ értékhatárral, aki a vizuális minősítés eredményét hasonlította össze egy adott jellegminta és a minősített örlemény színjellemzőiből számított ΔE_{ab}^* színkülönbség értékével. Arra a következtetésre jutott, hogy az örlemény színe akkor felel meg a jellegmintának, az-az vizuális megítélésében attól legfeljebb csak kismértékben különbözik, ha $\Delta E_{ab}^* < 3,0$ feltétel teljesül.

A 2-2,94 színkülönbség érték tartományban megvizsgáltuk a minta párok színekoordináta értékeinek különbségét. Az adatok azt mutatták, hogy a színeltérés akkor volt jól érzékelhető, ha valamelyik színekoordináta a másik kettőtől erősen eltérő mértékben változott, ezért indokoltnak tartottuk, hogy értékhatárt adjunk meg a színekoordináta eltérés nagyságára. Így a 18. ábrán ábrázoltuk a színekoordináta eltérések gyakoriságát, ha a szemmel érzékelhető különbség kis mértékű volt.



18. ábra A színekoordináta eltérés mértékének gyakorisági eloszlása a "különbség alig érzékelhető" vizuális minősítési osztályban

Az ábrán jól látszik, hogy ha a különbség alig érzékelhető, akkor a színekoordináta eltérés növekedésével csökken a gyakoriság. L^* világossági koordináta esetén a minta párok 98,1 %-ában,

a* pirossági koordináta esetén a minta párok 94,4 %-ában az eltérés 2,0 egység alatt marad, b* sárgasági koordináta különbség értéke viszont a minta párok 11,4 %-ban 2,5 egységnél is nagyobb volt. Ezért annak feltételét, hogy a minta párok között a színeltérés alig érzékelhető az alábbiakban adtuk meg:

$$1,58 < \Delta E_{ab}^* \leq 2,94 \text{ és } (|\Delta L^*| < 2,0, |\Delta a^*| < 2,0) \quad (16)$$

A megadott feltételek ellenőrzésére ezután minősítettük a minta párok színeltérését (14), (15) és (16) feltételek alapján és ezt összehasonlítottuk a vizuális minősítés eredményével. Elvégeztük a két minősítés csoportjainak összefüggés vizsgálatát, illetve a 12. táblázatban feltüntettük a két módszerrel végzett minősítés összehasonlításának eredményét.

12. táblázat A vizuális és a műszeres minősítés eredményének összehasonlítása

A különbség mértéke		
megegyezett	vizuálisan kisebb volt	vizuálisan nagyobb volt
90,6 %	5,3 %	4,2 %

A számítások elvégzése után $\chi^2=610,23$ értéket kaptunk, ami $p=0,001$ szinten szignifikáns összefüggést mutat, a kontingencia koefficiens 0,8734-nek adódott. Ez azt mutatja, hogy a két minősítés eredménye szoros kapcsolatban van.

A 12. táblázatból pedig láthatjuk, hogy a színeltérés (14), (15) és (16) feltételek alapján végzett minősítése a minta párok 90,6 %-ában megegyezett a vizuális minősítéssel, 5,3%-ban nagyobb, 4,2%-ban kisebb mértékű különbséget állapított meg. Mivel a két minősítés eredménye több mint 90 %-ban megegyezett, az értékhatárokat megfelelőnek találtuk a színeltérés műszerrel mért értékek alapján történő minősítésére.

4.3. A szemcseméret hatása az őrlemények színjellemzőire

4.3.1. A különböző szemcseméretű őrleményfrakciók színjellemzőinek összehasonlítása

Az egyes szemcseméret frakciók és a teljes őrlemény színkoordináta értékeinek átlagát és szórását, valamint h_{ab}^0 színezeti szög és C^* króma értékét a vizsgálatokhoz használt 14 magyar (jelölésük: M1-M14), 3 dél-amerikai (jelölésük: B1, S1 és S2) és 3 dél-afrikai (jelölésük: DF1-DF3) fűszerpaprikából készült őrlemény esetén a 7. melléklet tartalmazza.

Az L^* világossági koordináta, h_{ab}^0 színezeti szög és C^* króma értékeire végzett varianciaanalízis eredményét a 13./a, 13./b és 13./c táblázatok mutatják.

13./a táblázat Variancia táblázat L* világossági koordináta esetén

Eltérés forrása	SQ	DF	MQ	F-érték	Szign. szint
Csoportok között	99,1	5	19,82	7,43	0,0000
Csoporton belül	261,3	98	2,66		
Teljes	360,4	103			

13./b táblázat Variancia táblázat C* króma esetén

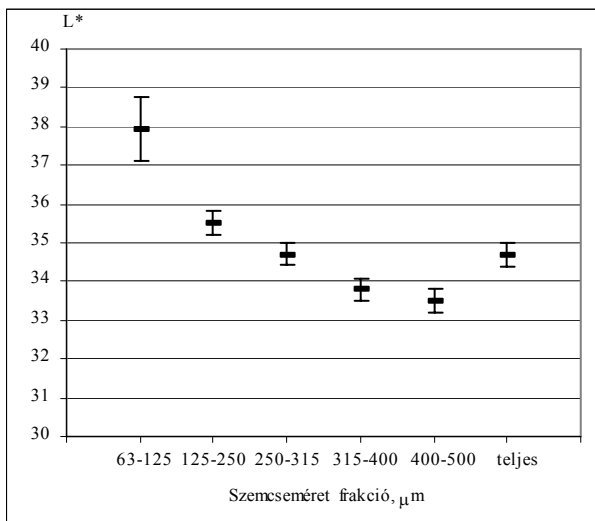
Eltérés forrása	SQ	DF	MQ	F-érték	Szign. szint
Csoportok között	364,2	5	72,84	5,922	0,0001
Csoporton belül	1205,5	98	12,30		
Teljes	1569,7	103			

13./c táblázat Variancia táblázat h_{ab}^0 színezeti szög esetén

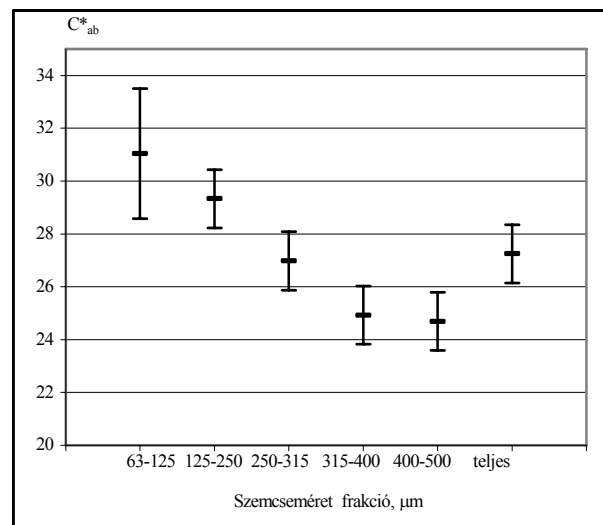
Eltérés forrása	SQ	DF	MQ	F-érték	Szign. szint
Csoportok között	369,2	5	73,83	4,658	0,0007
Csoporton belül	1553,4	98	15,85		
Teljes	1922,6	103			

A variancia táblázatok alapján megállapíthatjuk, hogy a szemcseméret szignifikánsan befolyásolja L* világossági koordinátát ($p=0,00001$), C* króma ($p=0,0001$) és h_{ab}^0 színezeti szög értékét ($p=0,0007$). A részletes elemzéshez az 19-21. ábrákon bemutatjuk az egyes szemcseméret frakciókhoz és a teljes őrleményhez tartozó L* világossági koordináta, C* króma érték és h_{ab}^0 színezeti szög átlag értékeiket, a $p=0,05$ szignifikancia szinthez tartozó szignifikáns differenciával. Láthatjuk, hogy L* világossági koordináta a szemcseméret csökkenésével fokozatosan növekszik. A növekedés mértéke 2,5 koordináta egység a 63 μ m-125 μ m és 125 μ m-250 μ m szemcseméret frakciók L* átlag értéke között, majd a különbség 1-1 egységnyi, de nincs szignifikáns különbség ($p=0,05$) a 315 μ m-400 μ m és 400 μ m-500 μ m szemcseméretű őrlemények világossági koordinátája között. Tehát az apróbb szemcséket sokkal világosabbnak látjuk, igen nagy a világosodás mértéke a 125 μ m-nél kisebb szemcseméret esetén. Hasonló eredményre jutott HALÁSZ et al.(1985), valamint CHEN et al. (1999), aki a Koreában honos fajta és aprítási technológia esetén vizsgálta a témát. C* króma értéke a szemcseméret csökkenésével szintén növekszik. 2 egységnyi különbség a 125 μ m-250 μ m és 250 μ m-315 μ m, valamint a 250 μ m-315 μ m és 400 μ m-500 μ m szemcseméret frakciók között van. A króma értékének növekedése azt jelzi, hogy a szemcseméret csökkenésével az őrlemény színesebbnek látszik. Ez megegyezik HALÁSZ et al.(1985) megállapításával. A h_{ab}^0 színezeti szög is növekedést mutat a szemcseméret csökkenésének hatására. Szignifikáns ($4,5^\circ$) a

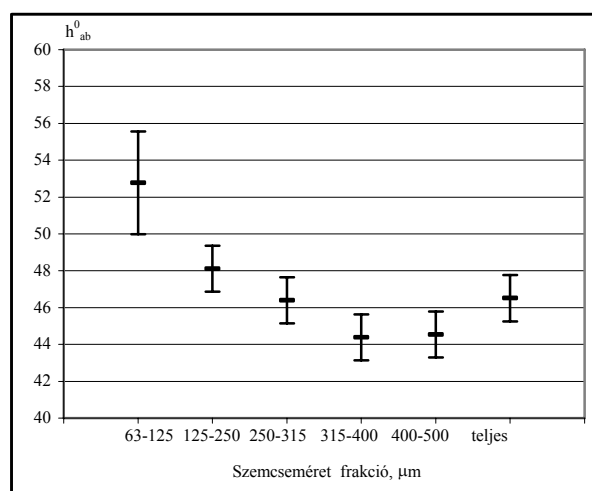
különbség ($p=0.05$) a 63 μm -125 μm és 125 μm -250 μm szemcseméret frakciók átlaga között, és átlagosan 3,5° a 125 μm -250 μm és 315 μm -400 μm szemcseméretű őrlmények között.



19. ábra A variancia analízis eredménye L^* koordináta esetén (átlag $\pm 1/2\text{SZD}_{0,05}$)



20. ábra A variancia analízis eredménye C^*_{ab} króma esetén (átlag $\pm 1/2\text{SZD}_{0,05}$)

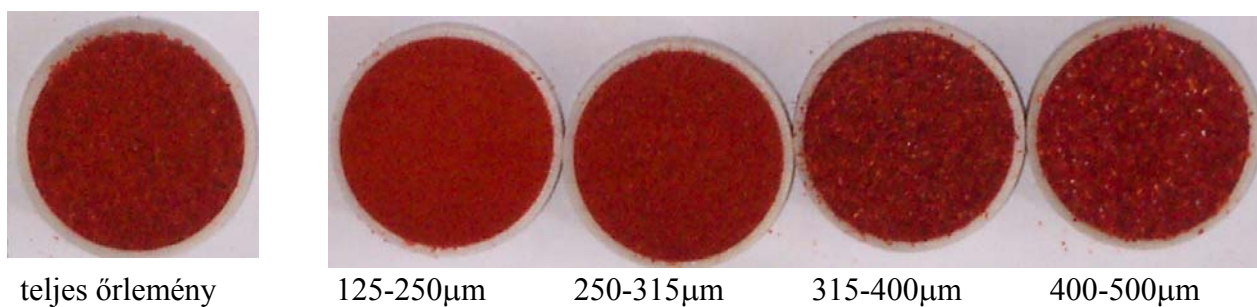


21. ábra A variancia analízis eredménye h^0_{ab} színezeti szög esetén (átlag $\pm 1/2\text{SZD}_{0,05}$)

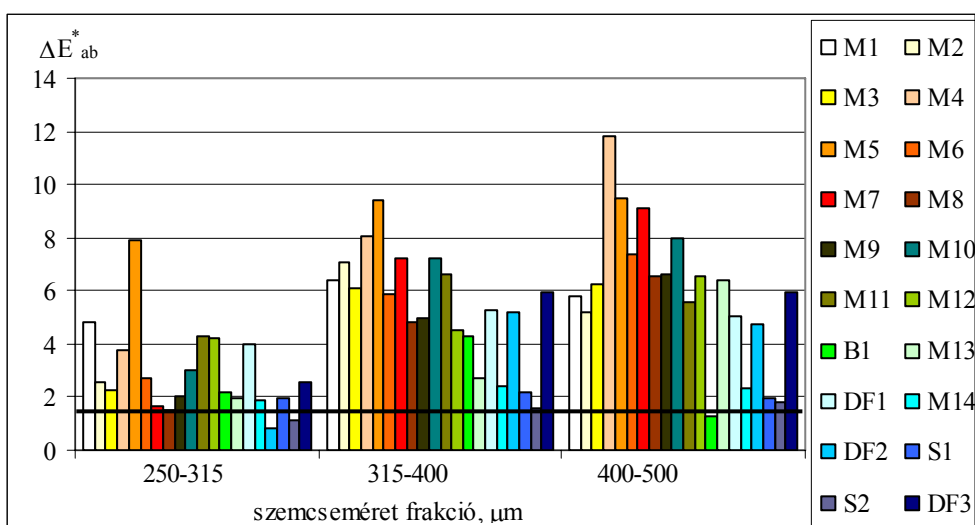
Mindez azt jelzi, hogy az őrlmény színpontja a szemcseméret csökkenésével a sárga szín felé mozdul el. Hasonló megállapítást tett az őrlmény színjellemzőit az aprítás folyamatában vizsgálva HUSZKA és VÉHA (1985).

A leírt változásokat szemlélteti a 22. ábra, amelyen az M8 jelű minta esetén láthatjuk a teljes őrlményt és egyes szemcseméret frakcióit.

A változás részletes elemzéséhez a 23-25. ábrákon mintánként feltüntettük a 125-250 μm szemcseméret frakció és a nagyobb szemcseméret frakciók között számított színekülönbség (ΔE^*_{ab}), a króma különbség (ΔC^*_{ab}) és a színezeti különbség (ΔH^*_{ab}) értékeket.



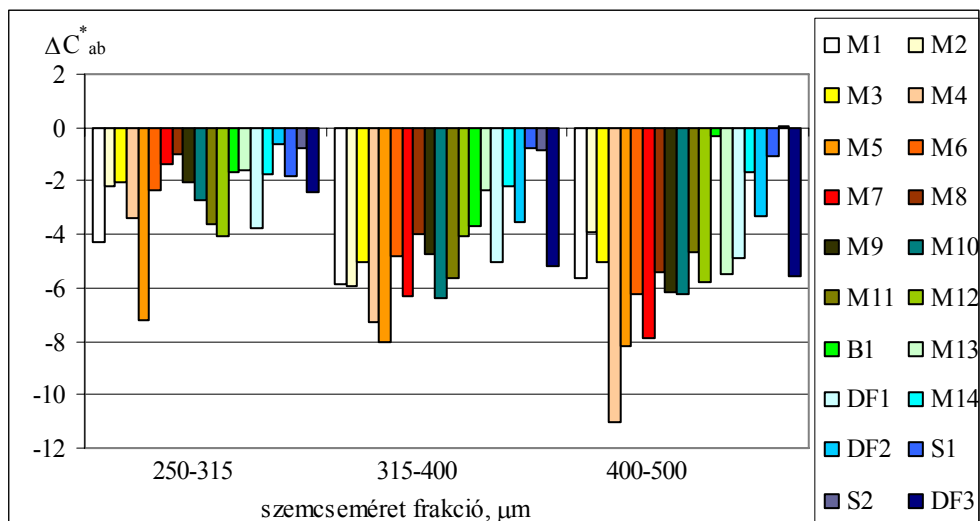
22. ábra Az M8 jelű őrlemény és egyes szemcseméret frakciói



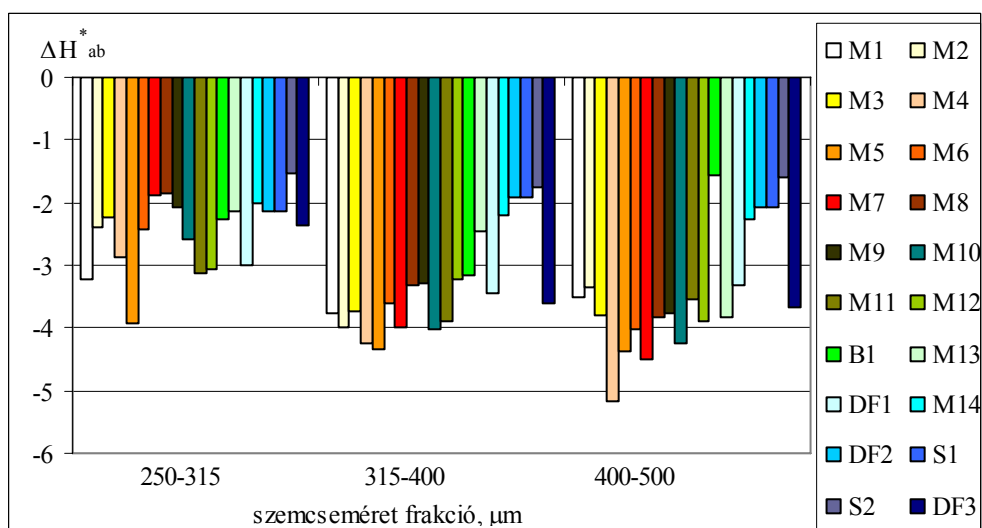
23. ábra A 125-250 µm szemcseméret frakció és a nagyobb szemcseméret frakciók színekülönbsége az egyes minták esetén

Az ábrák jól illusztrálják, hogy az egyedi minták esetén számított különbség értékek alátámasztják a variancia analízis segítségével levont általános következtetéseket. A 23. ábrán bemutatott színekülönbség értékek mutatják, hogy a szemcseméret növekedés hatására bekövetkezett változás szemmel érzékelhető, hiszen az értékek minden minta esetén meghaladják valamelyik összehasonlításban a vizuálisan jól érzékelhető 2,94 egységet, és még több esetben a vizuálisan már érzékelhető 1,58 egységet.

Az 24. és 25. ábrák mutatják a változás irányát. ΔC_{ab}^* negatív, vagyis a szemcseméret csökkenésével C^* króma értéke nő, az eltérés nagysága bizonyítja, hogy minden őrlemény esetében élénkebb színűek a kisebb szemcseméretű frakciók. A színezeti különbség, ΔH_{ab}^* minden minta esetén negatív, vagyis a szemcseméret csökkenésével a színezeti szög növekszik, azaz a színpont a sárgább színtartomány irányába változik. Tehát a kisebb szemcseméretű őrlemény frakciók színe kevésbé pirosnak látszik, sárgább árnyalatú.



24. ábra A 125-250 μm szemcseméret frakció és a nagyobb szemcseméret frakciók króma különbsége az egyes minták esetén



25. ábra A 125-250 μm szemcseméret frakció és a nagyobb szemcseméret színezeti különbsége az egyes minták esetén

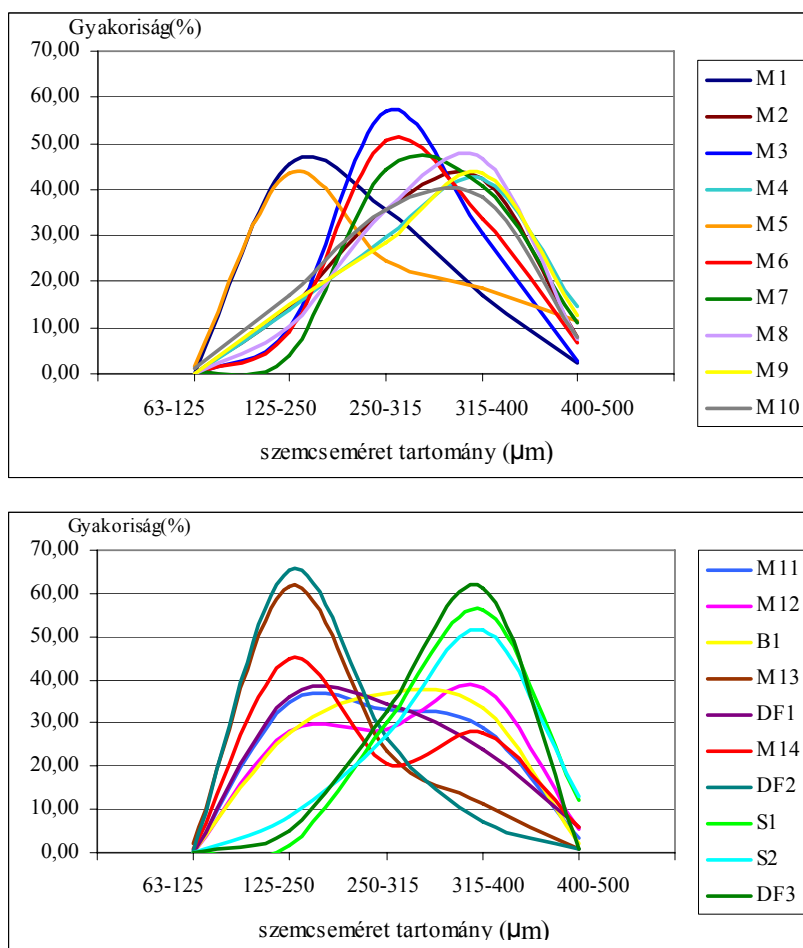
4.3.2. A teljes őrlemény és az egyes szemcseméret frakciók színjellemzőinek kapcsolata.

A továbbiakban vizsgáltuk, milyen kapcsolat van a teljes őrlemény és egyes szemcseméret frakciói színjellemzői között, figyelembe véve az őrlemények szemcse eloszlását is. Az elemzéshez először meghatároztuk minden esetben a teljes őrlemény és az egyes szemcseméret frakciói között számított színekülönbség értékét. A kapott értékeket a 14. táblázat szemlélteti.

Az őrlemények szemcseeloszlását a 8. melléklet tartalmazza és a 26. ábrán szemléltetjük.

A 14. táblázatban dőlt betűvel jelöltük a legkisebb színekülönbség értékeket és pirossal azt a szemcseméret frakciót, amelynek a legnagyobb volt az aránya a teljes őrleményben.

A 26. ábrán jól látszik, hogy az őrlemények szemcseeloszlása milyen változatos képet mutatott, annak ellenére, hogy a DF2, S1, S2 és DF3 mintáktól eltekintve az őrlemények egyező technológiával, ugyanazon az őrlősoron készültek. A szemcseeloszlás görbék egyike sem szimmetrikus, részben unimodálisak, részben bimodálisak. Jellemzőbb azonban az unimodális lefutás, a 20 őrleményből 15 esetben ezt tapasztaltuk. Az unimodális eloszlások jellemzően ferdek, nagyobb százalékban negatív irányban, kisebb részük pozitívan ferde, tehát az őrlemények szemcseeloszlása több esetben eltolódott a nagyobb szemcseméret frakciók irányába. A gyakorisági eloszlási görbék elemzése tanulságos lehet az esetleges őrléstechnikai hibák elkerülése érdekében.



26. ábra Az őrlemények szemcseeloszlása

A 19-21. ábrák azt mutatják, hogy a 250-315μm szemcseméret frakció L^* világossági koordináta, C^* króma és h_{ab}^0 színezeti szög átlag értéke $p=0.05$ szinten nem különbözik szignifikánsan a teljes őrleményeken mért értékek átlagától. A 14. táblázat adatai is azt mutatják, hogy ez az a szemcseméret frakció, amelynek a teljes őrleményhez számított színekülönbsége egy esetben sem

haladja meg a vizuálisan jól érzékelhető 3 egységet, sőt 10 esetben 1,5 alatt marad, tehát ennek a szemcseméret frakciónak a színe nem tért el jól érzékelhetően egy esetben sem a teljes őrlemény színétől. 9 őrlemény esetén ez a színkülönbség nagyobb azonban, mint valamelyik más szemcseméret frakció és a teljes őrlemény színkülönbsége. Nem jellemző, hogy a legnagyobb részarányú frakció és a teljes őrlemény között számított színkülönbség értéke mindig a legkisebb, hiszen ez csak 7 esetben, vagyis az őrlemények 35 %-ában teljesült. Azt is megfigyelhetjük, hogy 6 őrlemenynél a frakciókhoz számított színkülönbség minimális értéke is nagyobb a szemmel érzékelhető 1,5 egységnél. Így a továbbiakban megvizsgáltuk, vajon állíthatjuk-e azt, hogy a teljes őrlemény színe meghatározható a szemcseméret frakcióinak színeiből a szemcseeloszlás alapján.

14. táblázat A teljes őrlemény és egyes szemcseméret frakciói között számított színkülönbség

Minta	Szemcseméret frakció, μm				
	63-125	125-250	250-315	315-400	400-500
M1		2,39	2,56	4,09	3,42
M2		3,71	1,23	3,45	1,71
M3		2,56	0,35	3,57	3,71
M4		6,45	2,69	1,62	5,45
M5	9,28	5,32	2,75	4,12	4,21
M6		2,77	0,50	3,12	4,64
M7		4,59	2,97	2,71	4,60
M8		2,66	1,31	2,17	3,87
M9		3,96	2,00	1,28	2,82
M10		3,70	0,76	3,59	4,39
M11		2,55	1,74	4,11	3,01
M12		2,38	1,97	2,16	4,15
B1		1,56	1,48	3,56	0,96
M13	4,73	0,28	1,95	2,63	6,30
DF1		2,98	1,33	2,48	2,19
M14	5,80	0,30	1,64	2,17	2,02
DF2	4,93	0,22	0,70	0,38	0,31
S1		2,38	1,02	2,71	0,61
S2		1,59	2,03	2,16	1,76
DF3		3,04	0,88	3,01	2,95

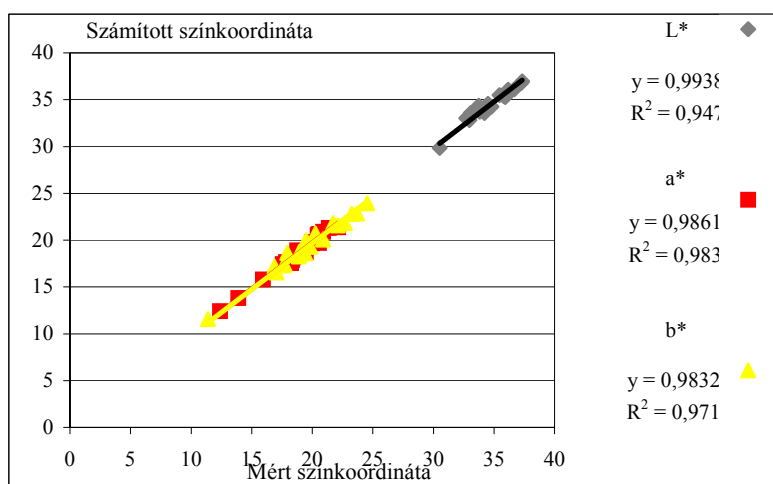
Ezért őrleményenként kiszámítottuk a szemcseeloszlás és az egyes szemcseméret frakciók színeiből a következő értékeket, és összehasonlítottuk a teljes őrlemény mért színeivel.

$$L_k^* = \frac{\sum_{i=1}^5 L_i^* m_i}{M}, \quad a_k^* = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i^* m_i}{M}, \quad b_k^* = \frac{\sum_{i=1}^5 b_i^* m_i}{M}, \quad \text{ahol} \quad (17)$$

L_i^* , a_i^* és b_i^* jelöli az i -edik szemcseméret frakció színe koordinátáit, m_i az adott frakció tömege és

$$M = \sum_{i=1}^5 m_i .$$

Az őrlmények ily módon számított színe koordinátáit, valamint a mért és számított színe koordináták színe különbségét a 9. mellékletben olvashatjuk. A 27. ábrán a számított színe koordinátákat ábrázoltuk a mért színe koordináták függvényében. Az ábrán feltüntettük a regressziós egyeneseket és a determinációs koefficienseket. A 27. ábra alapján megállapíthatjuk, hogy a mért és számított értékek mindhárom színe koordináta esetében jól illeszkednek az $y=x$ egyenesre, a regressziós együttható $p=0.05$ szinten nem különbözik szignifikánsan 1-től, a determinációs koefficiens pedig $p=0.001$ szinten szignifikáns összefüggést mutat. Tehát a teljes őrlemény színe koordinátái meghatározhatók szemcseméret frakcióinak színe koordinátáiból, azok súlyozott átlagaként, ahol a súlyozó faktor az adott szemcseméret frakció tömege. Mindezek azt bizonyítják, hogy a teljes őrlemény színe szemcse eloszlása és az egyes szemcseméret frakcióinak színe együtt határozzák meg.



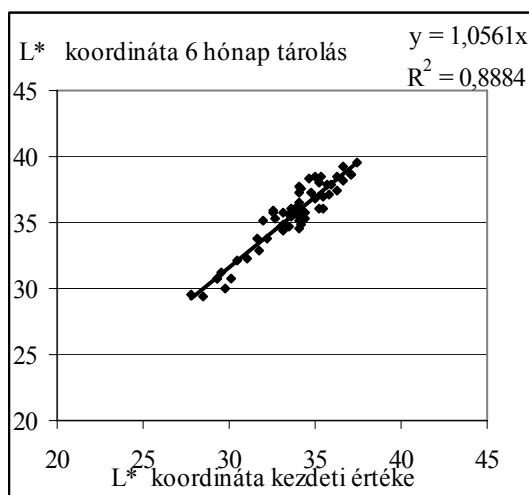
27. ábra Az őrlmények mért és szemcseméret frakcióik színe koordinátáiból számított színe koordinátáinak kapcsolata

4.3.3. A különböző szemcseméretű őrlmények színjellemzőinek változása a tárolás során

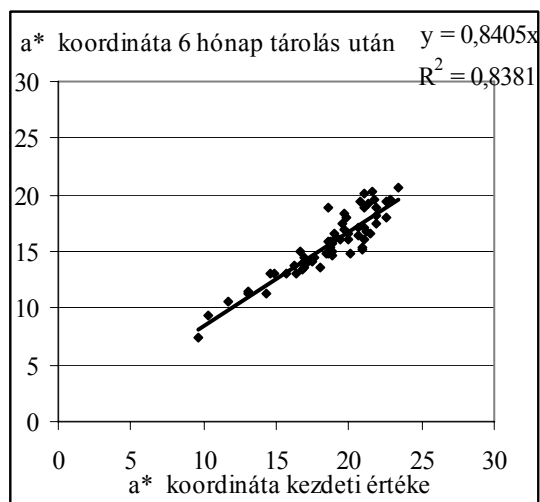
A 4 magyar, 3 dél-afrikai és 1 dél-amerikai alapanyagból készült őrlemény (jelölésük: M1, M2, M3, M4, DAM, DAF1, DAF2 és DAF3) különböző szemcseméret frakcióin közvetlenül a szitálás után, majd a 6 hónapos tárolást követően mért színe koordináta átlag értékeket és a közöttük számított ΔE_{ab}^* , ΔC_{ab}^* és ΔH_{ab}^* különbségeket a 10. melléklet tartalmazza. Az értékek azt mutatták, hogy a változás nem függ a az őrlemény szemcseméret frakciójától. A világossági és sárgasági koordináta értéke a tárolás hatására növekedett, míg a pirossági koordináta csökkent. A színe különbség (ΔE_{ab}^*),

egy minta kivételével, a szemmel érzékelhető tartományba esett, a minták 76,7%-ában meghaladta a szemmel jól érzékelhető 2,94 egységet.

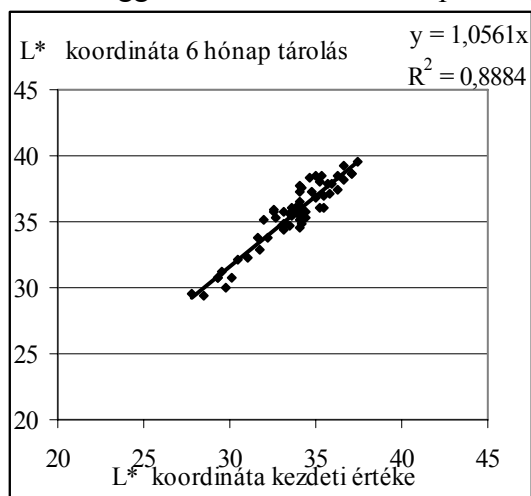
A változás elemzéséhez mindegyik színkoordináta esetében ábrázoltuk a 6 hónap után mért értékeket a kezdeti értékek függvényében, az összes szemcseméret frakció értékeit egy diagrammon feltüntetve. A diagrammokat a 28.-30. ábrák mutatják, melyeken feltüntettük a pontokra illesztett regressziós egyenes egyenletét és a determinációs koefficiens is. A kapott eredmények mindhárom színkoordináta esetén alátámasztották, hogy a változás mértéke nem függ a szemcsemérettől, a pontok $p=0.05$ szinten szignifikáns korrelációval illeszkednek egy egyenesre. Jól látszik, hogy L^* értéke növekszik átlagosan 1,5-2 egységgel, vagyis a tárolás alatt világosodik az örlemény. Kis mértékű növekedést tapasztalhatunk b^* -nál, míg a^* pirossági koordináta 1,7-2,5 egységgel csökken. A 10. melléklet színezeti és króma különbség értékei mutatják, hogy vizuálisan a változást úgy érzékeljük, hogy az örleményt sárgábbnak látjuk, és általában kevésbé színesnek.



28. ábra A kezdeti és a tárolás után mért világossági koordináta összefüggése



29. ábra A kezdeti és a tárolás után mért pirossági koordináta összefüggése



30. ábra A kezdeti és a tárolás után mért sárgasági koordináta összefüggése

Tehát a változás mértéke, amely 6 hónap alatt sötét helyen, 20-22°C között tárolva az örleményeket bekövetkezik, melynek következtében vizuális színérzetük romlik, mert színük világosabb, kevésbé telített, sárgább árnyalatúvá válik, nem függött az örlemény szemcseméretétől.

4.4. A nedvességtartalom hatása az örlemények színjellemzőire

A kezdeti és a megnövelt nedvességtartalmú minták színkoordináta értékeinek átlagát és szórását, valamint h_{ab}^o színezeti szög és C^* króma értékét a 11. melléklet tartalmazza. A kezdeti minták (P1-P10) nedvességtartalma a 15. táblázatban látható. Az értékek 6,85% és 7,56% között változtak, így, mivel minden örlemény nedvességtartalmát 1-5%-kal növeltük, a vizsgált örlemények nedvességtartalma 6,85%-12,56% intervallumba esett.

15. Táblázat Az örlemények nedvességtartalma

Minta jele	Nedvességtartalom, %
P1	6,85
P2	6,99
P3	7,02
P4	7,09
P5	7,18
P6	7,21
P7	7,28
P8	7,32
P9	7,42
P10	7,56

Az L^* világossági koordináta, h_{ab}^o színezeti szög és C_{ab}^* króma értékekre végzett varianciaanalízis eredményét a 16./a, 16./b és 16./c táblázatok mutatják.

16./a táblázat Variancia táblázat L^* világossági koordináta esetén

Eltérés forrása	SQ	DF	MQ	F-érték	Szign. szint
Csoportok között	32.28	5	6.46	2.23	0.0534
Csoporton belül	503.73	174	2.89		
Teljes	536.00	179			

16./b táblázat Variancia táblázat C_{ab}^* króma esetén

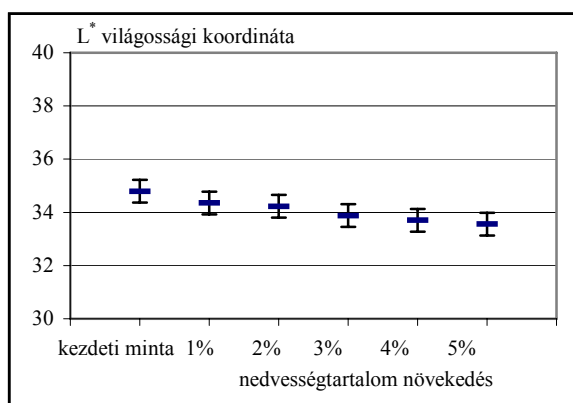
Eltérés forrása	SQ	DF	MQ	F-érték	Szign. szint
Csoportok között	133.64	5	26.73	3.84	0.0025
Csoporton belül	1211.05	174	6.96		
Teljes	1344.69	179			

16./c táblázat Varianciatáblázat h_{ab}^0 színezeti szög esetén

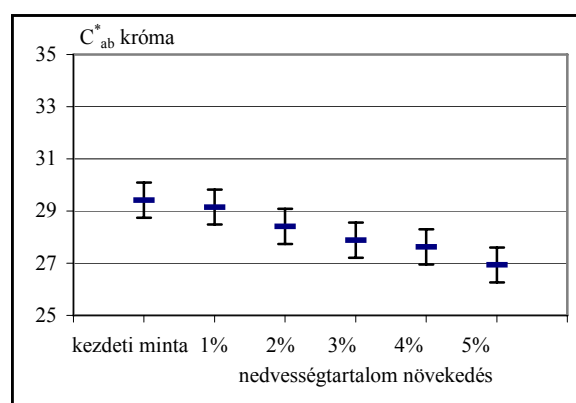
Eltérés forrása	SQ	DF	MQ	F-érték	Szign. szint
Csoportok között	116.14	5	23.23	0.775	0.5688
Csoporton belül	5213.10	174	29.96		
Teljes	5329.24	179			

A variancia táblázatok alapján megállapíthatjuk, hogy a víztartalom növelése szignifikánsan befolyásolja a világossági koordinátát ($p=0,053$) és C_{ab}^* króma értékét ($p=0,025$), míg h_{ab}^0 színezeti szög alakulására nincs számottevő hatással. A részletes elemzéshez a 31-33. ábrákon bemutatjuk a különböző nedvességtartalom növeléshez tartozó L^* világossági koordináta, h_{ab}^0 színezeti szög és C_{ab}^* króma átlag értékeit a $p=0.05$ szignifikancia szinthez tartozó szignifikáns differenciával.

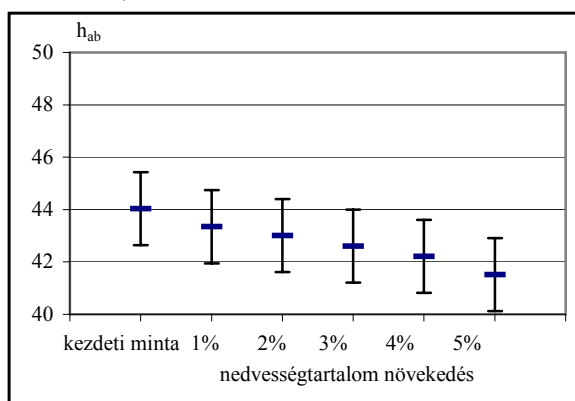
Láthatjuk, hogy L^* világossági koordináta a nedvességtartalom növekedésével fokozatosan csökken, érzékelhető változást a kezdeti mintákhoz viszonyítva 4% nedvességtartalom növelés okoz (átlagosan 1 koordináta egységnyit), a további víz adagolása ehhez képest nem okoz érzékelhető csökkenést.



31. ábra A variancia analízis eredménye L^* koordináta esetén (átlag $\pm 1/2$ SZD_{0,05})



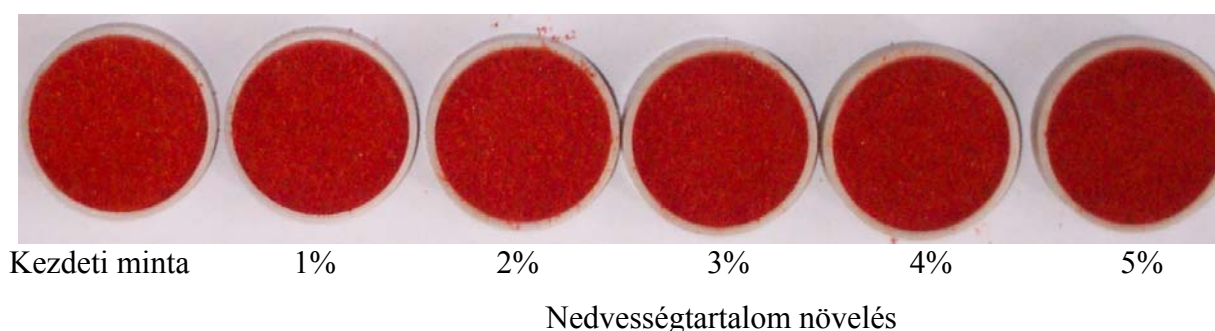
32. ábra A variancia analízis eredménye C_{ab}^* króma esetén (átlag $\pm 1/2$ SZD_{0,05})



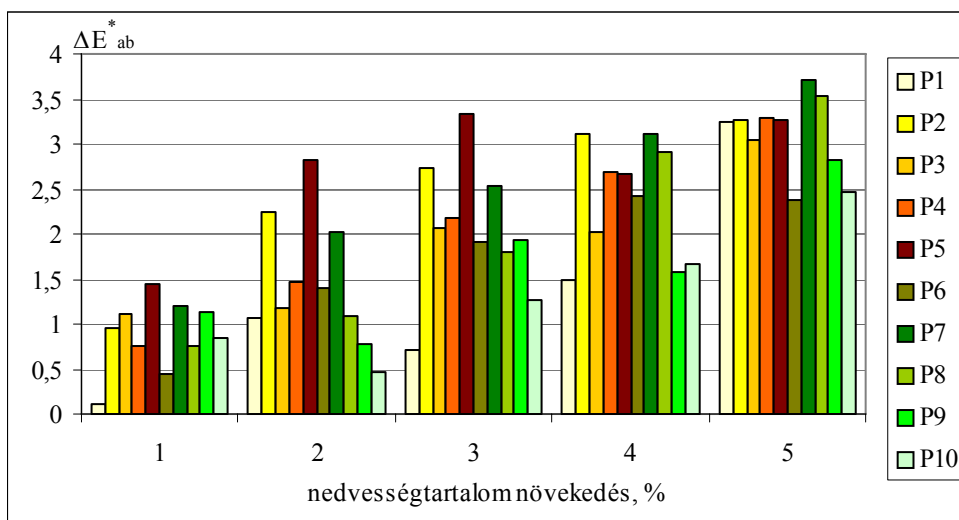
33. ábra A variancia analízis eredménye h_{ab}^0 színezeti szög esetén (átlag $\pm 1/2$ SZD_{0,05})

Erőteljesebb a változása C_{ab}^* króma értéknek. A nedvességtartalom növekedésével az átlagok szintén csökkennek, 4% víztartalom növelésnél már érzékelhető az eltérés, 1,7 egységnyi, a változás 5%-nál már 2,4 egységnyi.

A P4 jelű őrlmény különböző nedvességtartalmú mintáit a 34. ábrán mutatjuk be. A fénykép jól illusztrálja a bekövetkezett változás vizuális megjelenését. Láthatjuk, hogy a nedvességtartalom növekedésével sötétebb és pirosabb lesz az őrlmény színe. Jól érzékelhető különbséget 4% növekedés esetén tapasztalunk. A változás egzakt leírásához a 35.-37. ábrákon mintaként feltüntettük a kezdeti minta és az egyes megnövelt víztartalmú minták színekülönbség (ΔE_{ab}^*), a króma különbség (ΔC_{ab}^*) és a színezeti különbség (ΔH_{ab}^*) értékét.



34. ábra A P4 jelű őrlmény különböző nedvességtartalmú mintái

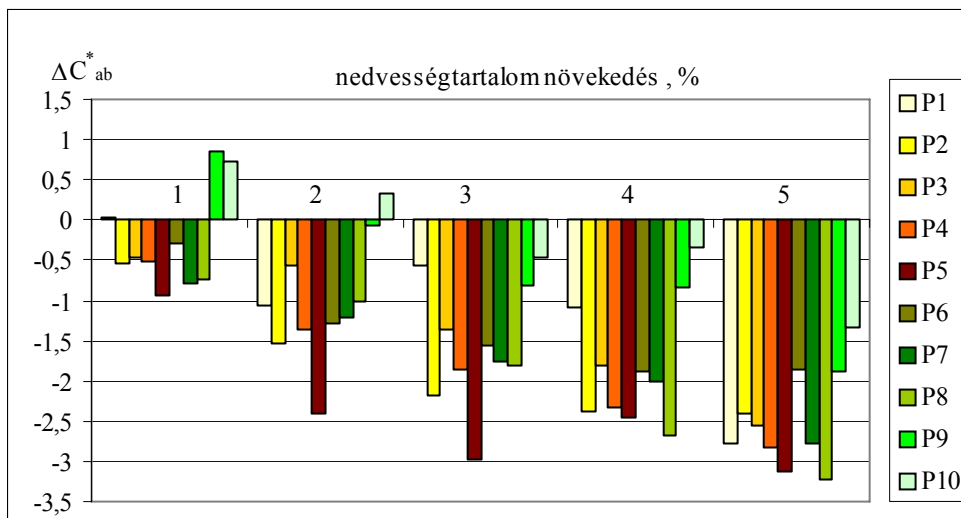


35. ábra A kezdeti minta és a megnövelt nedvességtartalmú minták színekülönbségének alakulása

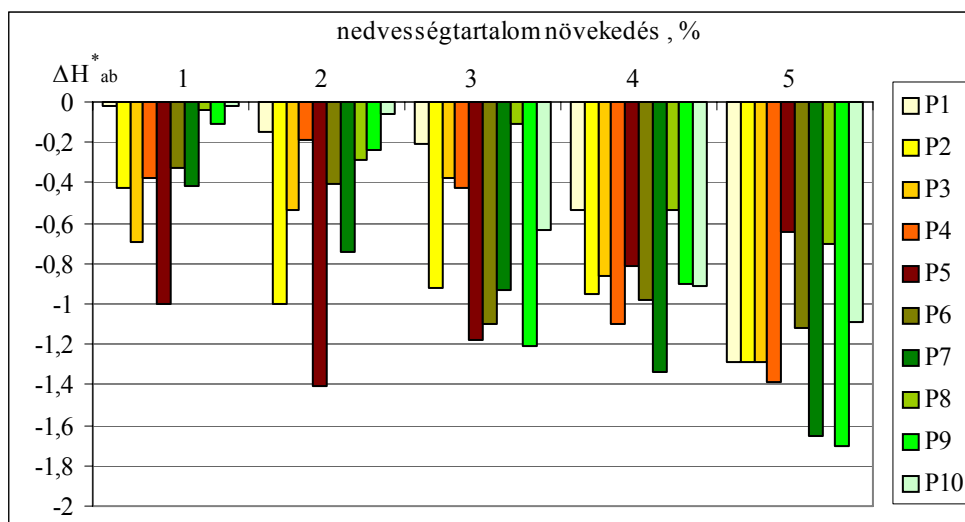
A színekülönbség értéke őrlménytől függően 2, 3 illetve 4% víztartalom növelés esetén haladja meg a szemmel már kismértékben érzékelhető 1,58 egységet, 5%-nál az érték már a jól érzékelhető tartományba esik. A króma különbség negatív és csökken, tehát a szín kevésbé telítetté válik. A színezeti különbség szintén negatív és csökken, vagyis az őrlmény színe a nedvességtartalom

növekedésével a piros irányába változik. Mindezek a megállapítások összhangban vannak a vizuális értékelés eredményével.

A kapott eredmények összhangban vannak HALÁSZNÉ et al. (1985) megállapításával, aki a kondicionálás hatását vizsgálva állapította meg, hogy 4 % nedvességtartalom növelés hatására sötétebb és pirosabb árnyalatú lesz az örlemény. Az örlemények kezdeti nedvességtartalma ebben az esetben 6,5-7,5% között változott, tehát alig tér el az általunk mért mintákétól. CHEN et al. (1999) vizsgálatai során 10-15 % intervallumban változó nedvességtartalmú örlemények színét mérve $p=0.05$ szinten nem találta szignifikánsnak a színjellemzők változását.



36. ábra A kezdeti minta és a megnövelt nedvességtartalmú minták króma különbségének alakulása



37. ábra A kezdeti minta és a megnövelt nedvességtartalmú minták színezeti különbségének alakulása

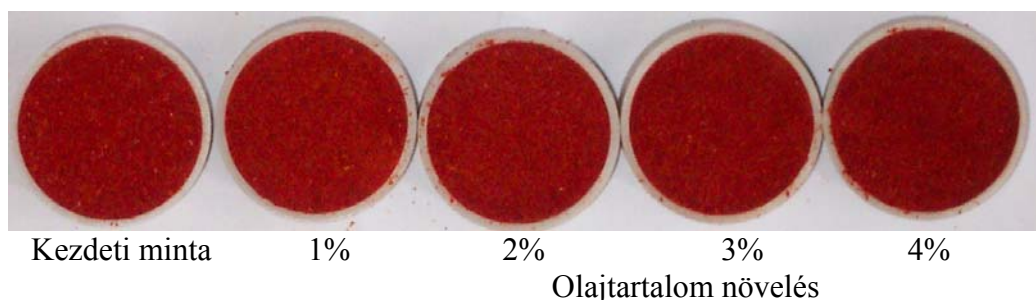
Vizsgálatai során átlagosan 2,5 %-kal magasabb volt az örlemények kezdeti nedvességtartalma, mint a mi méréseinknél, ez részben magyarázhatja CHEN et al. (1999) eltérő következtetéseit. Mivel a Magyar Élelmiszerkönyv az örlemények nedvességtartalmának felső határát 11 %-ban adja meg,

és mert az ennél magasabb értéknek káros mikrobiológiai következménye van, ezért nem tartottuk indokoltnak 12-15%-ra növelni a mért minták nedvességtartalmát. A Koreában, és általában a délebbre fekvő országokban termesztett fűszerpaprika beérett állapotban egészen sötét piros, sokkal sötétebb árnyalatú, mint a hazai. Tehát a CHEN et al. (1999) által vizsgált őrlemények színe már a nedvességtartalom növelés előtt sokkal sötétebb volt, mint a magyar őrlemények, így a szín nedvességtartalom növekedés hatására bekövetkező sötétedése valószínűleg ezért nem volt érzékelhető. Egzakt választ egy olyan kísérlet adna, amely során a különböző országokból származó alapanyagból készült őrlemények nedvességtartalmát változtatnánk 7-15 % intervallumban. Hangsúlyozzuk azonban, hogy az őrlemény nedvességtartalma nem lehet 11%-nál magasabb, ezért nem tarjuk indokoltnak a 12-15% intervallum vizsgálatát. Ugyanakkor CHEN et al. (1999) 10-15% között változtatva az őrlemény nedvességtartalmát, nem tapasztalt érzékelhető változást.

4.5. Az olajtartalom növelésének hatása az őrlemények színjellemzőire

A kezdeti és a megnövelt olajtartalmú minták színezéktartalmát, színikoordináta értékeinek átlagát és szórását, valamint h_{ab}° színezeti szög és C^* króma értékét a 12. melléklet tartalmazza. A 38. ábrán bemutatjuk S5 jelű őrleménykülönböző olajtartalmú mintáit.

Az már régóta ismert, hogy az olajoknak komoly szerepük van a vizuális színérzet kialakításában az által, hogy az őrlés során keletkező hő hatására az olaj feloldja a színezékeket, majd befesti az őrlemény esetlegesen nem piros alkotórész szemcséit is, így a színhatás egységesebb lesz (SZENESNÉ, 1996). A 38. ábra jól mutatja, hogy a mesterségesen az őrleményhez adott olaj hatására hasonlóan javuló színérzetet tapasztalhatunk. Annak megállapítására, hogy a színérzet javulását az őrlemény mely színjellemzőinek változása indokolja, L^* világossági koordináta, h_{ab}° színezeti szög és C_{ab}^* króma értékeit varianciaanalízissel elemeztük, melynek eredményét a 16./a, 16./b és 16./c táblázatok mutatják.



38. ábra Az S5 jelű őrleménykülönböző olajtartalmú mintái

A táblázatok alapján megállapíthatjuk, hogy az olajtartalom növelése szignifikánsan befolyásolta a világossági koordináta ($p=0,0002$) és a króma ($p=0,0001$) értékét, miközben nem volt hatással a színezeti szög alakulására.

16./a táblázat Variancia táblázat L^* világossági koordináta esetén

Eltérés forrása	SQ	DF	MQ	F-érték	Szign. szint
Csoportok között	183,3	4	45,81	7,53	0,0002
Csoporton belül	881,9	145	6,08		
Teljes	1065,2	149			

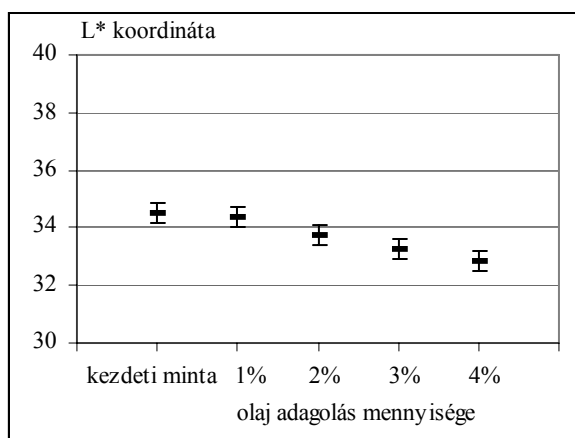
16./b táblázat Variancia táblázat C_{ab}^* króma esetén

Eltérés forrása	SQ	DF	MQ	F-érték	Szign. szint
Csoportok között	59,7	4	14,92	7,87	0,0001
Csoporton belül	275,0	145	1,89		
Teljes	334,7	149			

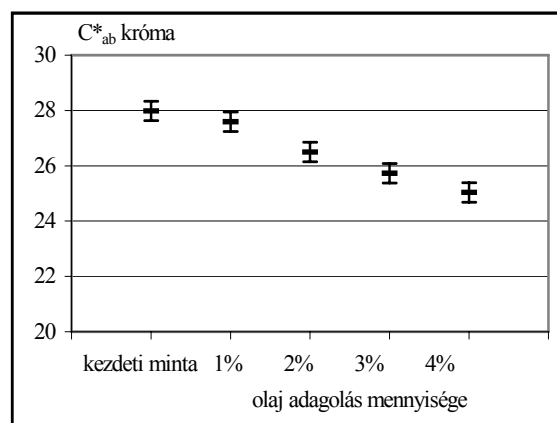
16./c táblázat Variancia táblázat h_{ab}^o színezeti szög esetén

Eltérés forrása	SQ	DF	MQ	F-érték	Szign. szint
Csoportok között	6,17	4	16,79	1,79	0,1324
Csoporton belül	1356,5	145	9,35		
Teljes	1423,6	149			

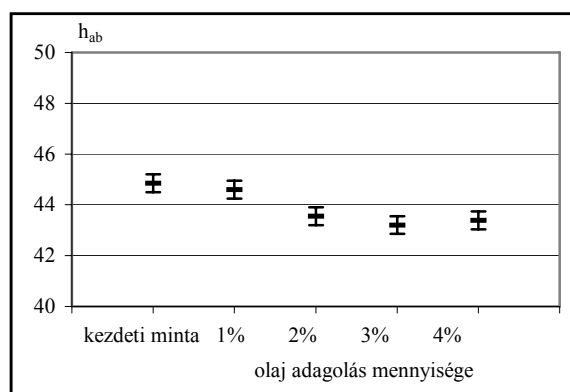
A részletes elemzéshez a 39-41. ábrákon bemutatjuk a különböző olajtartalom növeléshez tartozó L^* világossági koordináta, h_{ab}^o színezeti szög és C_{ab}^* króma átlag értékeket a $p=0.05$ szignifikancia szinthez tartozó szignifikáns differenciával. A 39.ábrán jól látszik, hogy L^* átlag értéke már 3% olaj hatására 1,4 egységgel csökkent, ez érzékelhető változás, az örlemény sötétebbé válásában észleljük. További 1% olaj hatására már nem történik érzékelhető változás.



39. ábra A variancia analízis eredménye L^* koordináta esetén (átlag \pm 1/2SZD_{0,05})



40. ábra A variancia analízis eredménye C_{ab}^* króma esetén (átlag \pm 1/2SZD_{0,05})

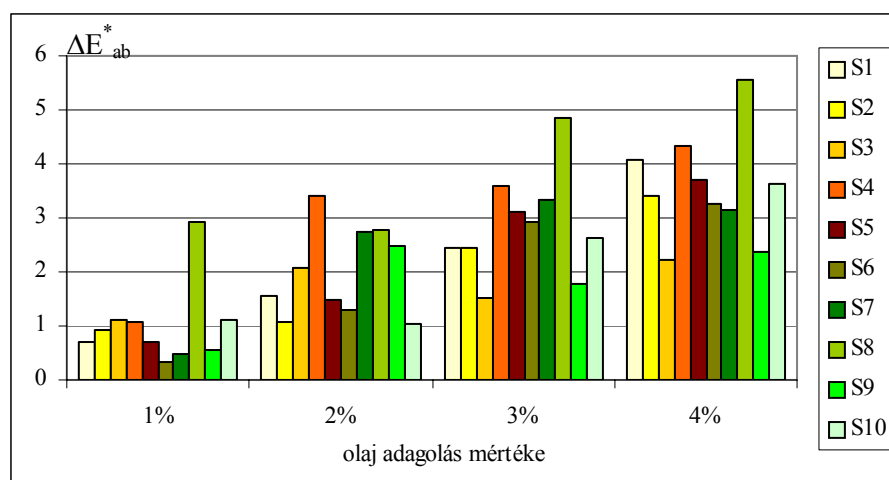


41. ábra A variancia analízis eredménye h_{ab}^0 színezeti szög esetén (átlag \pm 1/2SZD_{0,05})

A C_{ab}^* króma értéke már 2% olaj adagolásakor 1,5 egységnyi csökkenést mutat, vagyis az őrlemény kevésbé színesnek látszik, színének telítettsége érzékelhetően csökken az olaj hatására. Hasonló változás mutatkozik további 2% olaj hatására. A színezeti szög átlag értéke 2% olaj hatására 1,3 egységgel csökken, további változást az olajtartalom növelésével nem tapasztalunk. Ez csekély mértékű elmozdulást mutat a színtér pirosabb tartománya felé.

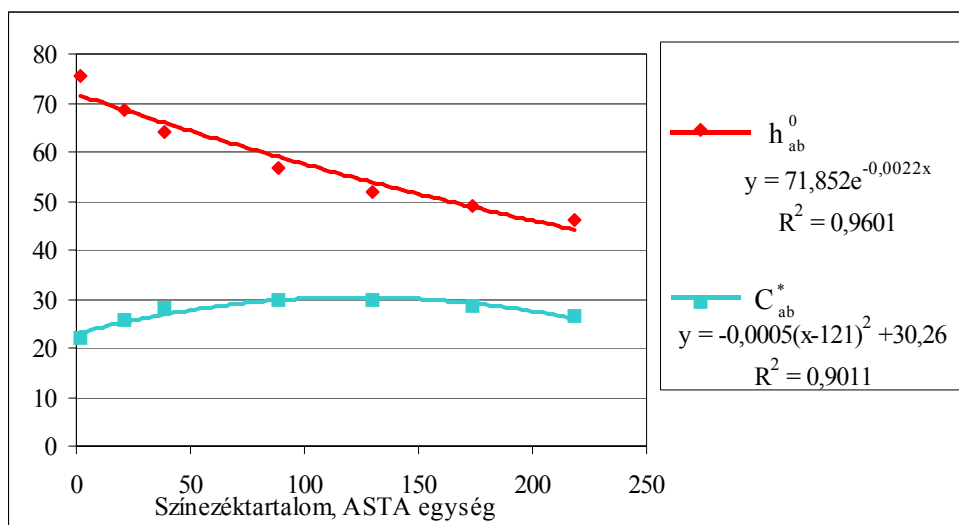
Az egyes őrlemény minták színváltozásának elemzéséhez a 42. ábrán feltüntettük a kezdeti őrlemények és az egyes megnövelt olajtartalmú minták között számított színekülönbségeket. Az ábrán jól látszik, hogy 2% olaj hatására az őrlemények felénél a változás mértéke már meghaladja a vizuálisan már észlelhető 1,58 színekülönbség egységet. 3% olaj adagolásakor ez már minden őrleményre teljesül, sőt 5 esetben a színekülönbség a vizuálisan jól érzékelhető tartományba esik.

Az eredmények tehát azt mutatják, hogy már 2-3% olajtartalom növekedés érzékelhetően javítja az őrlemény vizuális színérzetét. A modell kísérletben használt étolaj természetes nem alkalmazható az üzemi gyakorlatban. Ez esetben a magas olajtartalmú paprikamag hozzáadásával érhetünk el hasonló színérzet javító hatást.



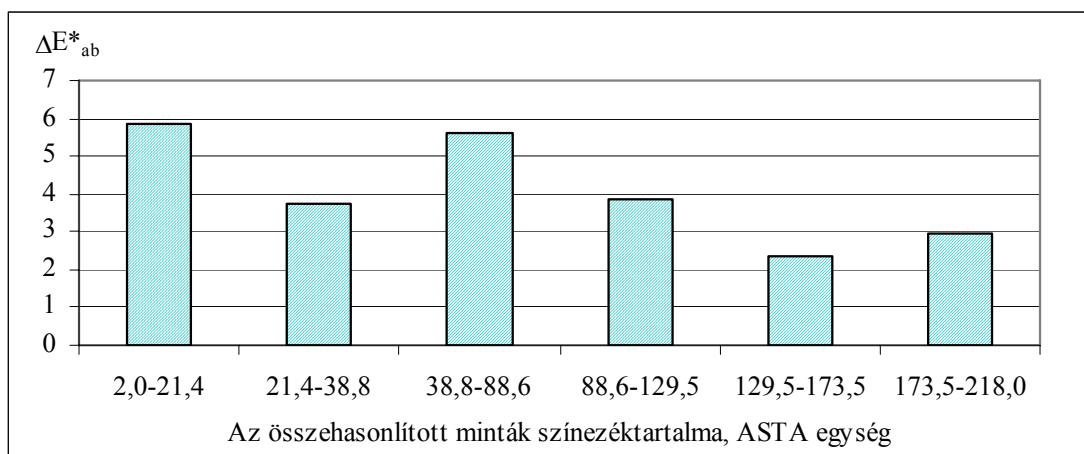
42. ábra A kezdeti minta és a megnövelt olajtartalmú minták színekülönbségének alakulása

Az eredmények azt mutatják, hogy a színezéktartalom növekedésével L^* világossági koordináta mindvégig csökken, de a változás mértéke a színezéktartalom növekedésével kisebb lesz, a pontokra szignifikáns ($p=0,01$) korrelációval illeszkedik egy reciprok függvény. Az a^* pirossági koordináta pontjai egy telítődési görbére illeszkednek, 129 ASTA egység felett értékei gyakorlatilag nem változnak. A b^* sárgasági koordináta kezdetben növekszik, majd ismét csökken, a pontjaira szignifikáns ($p=0,01$) korrelációval illeszkedő másodfokú függvénynek 97,17-nél 25,22 értékben maximuma van. Az a^* és a b^* változásának vizuális érzékelését jól illusztrálja a 44. ábra.



44. ábra A színezeti szög (h_{ab}^0) és a króma (C_{ab}^*) a színezéktartalom függvényében

A színezeti szög változását egy negatív kitevőjű exponenciális függvény írja le, értéke fokozatosan csökken, a színezéktartalom növekedésével ennek üteme kismértékben lassul. Vagyis, bár a pirossági koordináta 129 ASTA felett nem változik, a sárgasági koordináta csökkenésével a színezeti szög csökken, ami mutatja, hogy az örlemény színe egyre pirosabbá válik. A szín telítettségét mutató króma értékek b^* -hoz hasonlóan, egy másodfokú függvényre illeszkednek szignifikáns ($p=0,01$) korrelációval. Legtelítettebb színérzetű az örlemény a 50-170 ASTA értéktartományban volt. Tehát a színezéktartalom növelésének hatására bekövetkező javuló színérzetet a világossági koordináta csökkenése, és a sárgasági koordináta csökkenésének hatására csökkenő színezeti szög mutatja. A változás mindvégig a szemmel jól érzékelhető tartományba volt, ezt illusztrálja a 45. ábra, melyen feltüntettük a színekülönbség értékek alakulását a színezéktartalom növelése során. Az jól látszik az ábrán, hogy az értékek a színezéktartalom növekedésével csökkennek, 129,5 ASTA után a szemmel kismértékben érzékelhető 1,5-3 tartományba esnek.



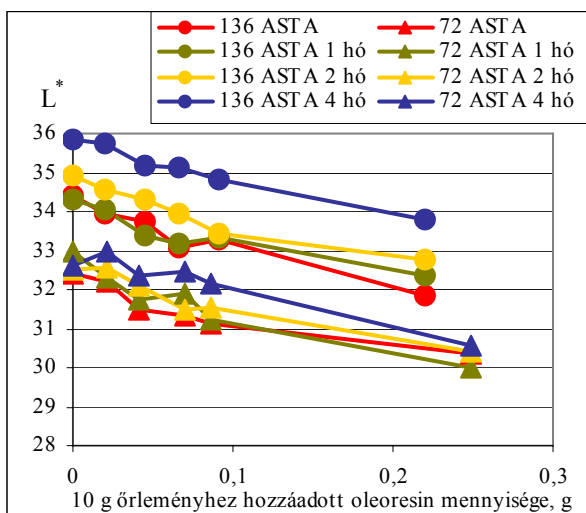
45. ábra A különböző színezéktartalmú minták között számított színekülönbség értékek

4.6.2. Az őrlemények színjellemzőinek változása színezéktartalmuk növelése során

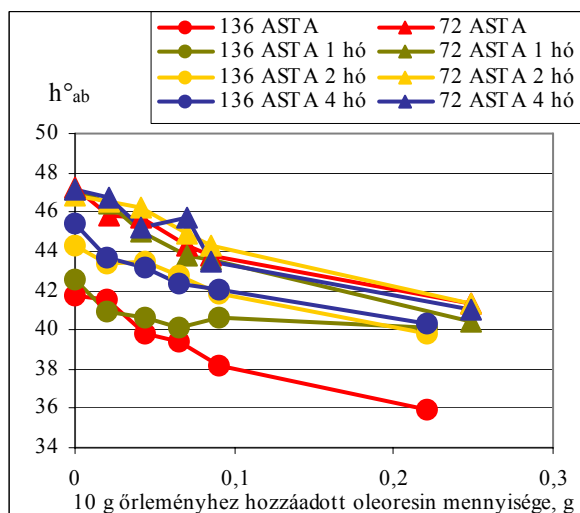
A kezdeti és a megnövelt olajtartalmú illetve színezéktartalmú mintákon az első mérés alkalmával és a tárolás során mért színekoordináta értékek átlagát, valamint h^o_{ab} színezeti szög és C^*_{ab} króma értékét a 13./a illetve a 13./b melléklet tartalmazza.

Az értékeléshez L^* világossági koordináta, h^o_{ab} színezeti szög és C^*_{ab} króma értékét ábrázoltuk, egy diagrammon bemutatva a különböző időpontokban mért értékeket. A megnövelt olajtartalmú minták esetében kapott grafikonokat a 14. mellékletekben láthatjuk. Az ábráról leolvasható következtetések alátámasztják a dolgozat 4.5. fejezetében leírtakat, miszerint az olajtartalom növelés tömegre vonatkoztatott 2% mennyiség alatt nem okoz érzékelhető változást sem a világossági koordináta, sem a színezeti szög, sem pedig a króma alakulásában. 2% olaj hozzáadása esetén a világossági koordináta átlag 1,5 egységgel, a színezeti szög 1,5-2 egységgel, a króma 2 egységgel csökken. A változás mértéke meghaladja a vizuálisan érzékelhető színekülönbség értéket, ez látszik a 15. mellékletben ábrázolt, a kezdeti minta és a megnövelt olajtartalmú minták között számított színekülönbség értékekből is.

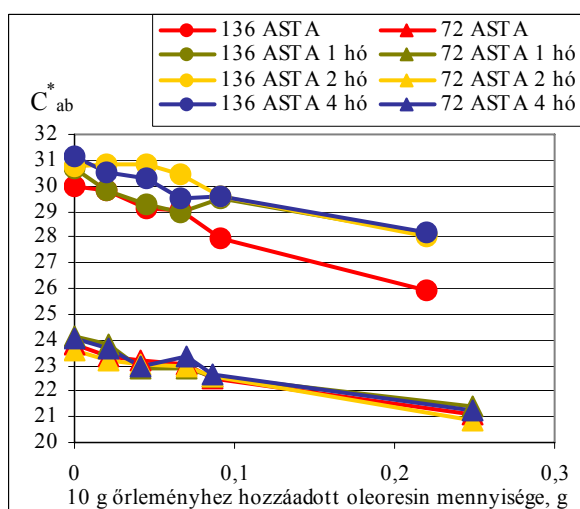
A megnövelt színezéktartalmú minták grafikonjait a 46-48. ábrák mutatják. Az ábrákon jól látszik, hogy 0,06-0,07g oleoresin hozzáadása már érzékelhető változást okoz az őrlemény színjellemzőiben. A világossági koordináta 1,5 egységgel, 0,2 g-nál nagyobb mennyiségű oleoresin hozzáadása esetén 2,3 egységgel csökken. Tehát az őrlemény színe érzékelhetően sötétebbé válik. A színezeti szög hasonlóan 0,06-0,07g oleoresin hatására mindkét őrleménynél 2 egységnyit csökken, 0,2 g hatására a csökkenés már 6 egységnyi, ami az őrlemény színének pirosodását jelzi. A króma értéke egy egységnyit csökken már 0,418-0,0445 g oleoresin hozzáadásakor, a változás 3 illetve 4 egységnyi 0,2 g oleoresin hatására, tehát az őrlemény színe kevésbé telítetté vált.



46. ábra A világossági koordináta alakulása kezdetben és a tárolás során

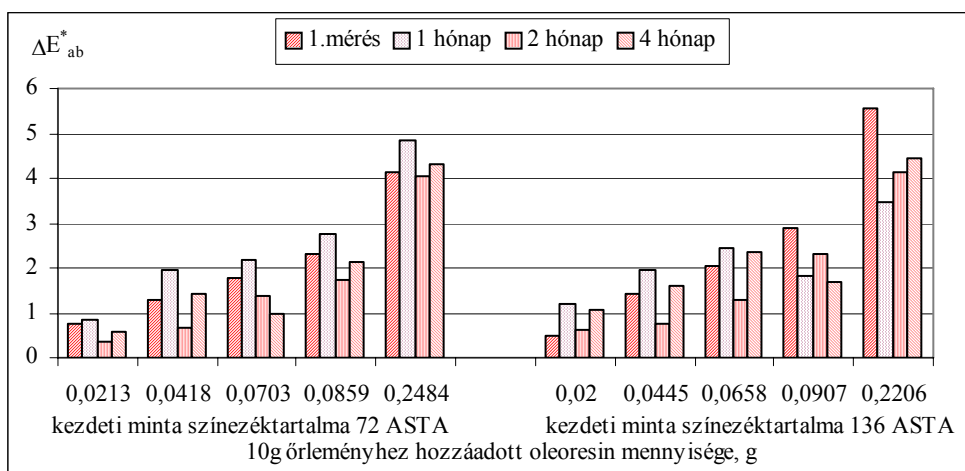


47. ábra A színezeti szög alakulása kezdetben és a tárolás során



48. ábra A króma értékének alakulása kezdetben és a tárolás során

A tárolás során mindezek a különbségek csak csekély mértékben változnak a 72 ASTA színezéktartalmú őrlmény esetén, tehát a színezéktartalom növelés hatására bekövetkező jobb színérzet megmaradt a tárolás során. A 136 ASTA színezéktartalmú őrlménynél a világossági koordináta esetén szintén megmaradtak a különbségek. A színezeti szög változása 2,5 egységre csökkent 1 hónap tárolás után, de a kezdetlen őrlményhez képest a növelt oleoresin tartalmú minta színe ebben az esetben is érzékelhetően pirosabb maradt a tárolás során. A változások vizuális érzékelhetőségének mértékét mutatják a 49. ábrán feltüntetett, a kezdeti minta és a megnövelt színezéktartalmú minták színkoordinátáiból számított színekülönbség értékek. Láthatjuk, hogy 0,0859 illetve 0,0907 g oleoresin hozzáadásának hatására az őrlmények színérzete érzékelhetően javult, pirosabb, sötétebb lett és ez a különbség a tárolás során stabilan megmaradt.



49. ábra A kezdeti minták és a megnövelt színezéktartalmú minták színekülönbségének alakulása a tárolás során

A ismertetett eredmények alapját képezhetik olyan további vizsgálatoknak, melyek alapján kidolgozható lenne egy olyan eljárás, amely során a magyar fűszerpaprika őrlmények színét és színezéktartalmát nem a külföldről behozott alapanyag felhasználásával, hanem megfelelő mennyiségű oleoresin hozzáadásával javíthatnánk. Hiszen az eddigi eredmények azt mutatják, hogy 10 g őrleményhez hozzáadott 0,0907 g oleoresin hozzáadásával, már érzékelhető, 0,2484 g-mal már jelentős javulást érhetünk el. Ez a mennyiség még nem járna olyan olajtartalom növekedéssel, amely fokozná az őrlemény avasodását, vagy gondot okozna az Élelmiszerkönyvben előírt, olajtartalomra vonatkozó 17 %-os felső határ betartása szempontjából, ugyanakkor elkerülhető lenne az őrlmények gombatoxin fertőződése. Emellett az eljárás nem lenne költséges, hiszen 9000Ft-os kg-kénti oleoresin egységárral számolva az 1 kg őrleményre eső költség hozzáadása nem haladná meg a 90 Ft illetve 180 Ft-ot, ugyanakkor a minőségi javulás eredményeként eladási egységárat növelni lehetne 300-400 Ft-tal.

4.7. A keverék őrlmények és komponenseik színekoordinátáinak kapcsolata

A keverék őrlmények és komponenseik színekoordinátáinak kapcsolatát laboratóriumi és üzemi körülmények között is vizsgáltuk.

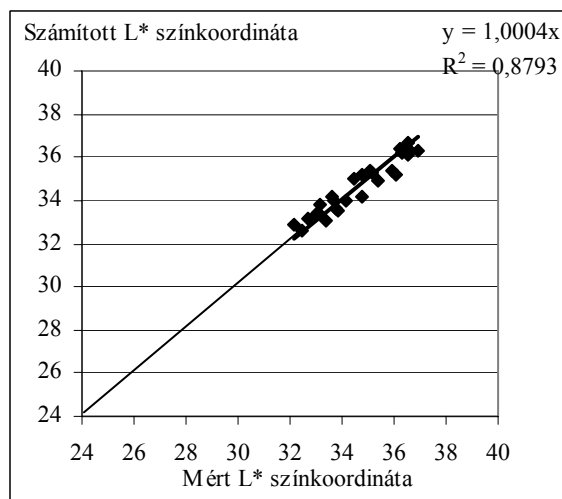
4.7.1. A laboratóriumi mérések eredményeinek értékelése

Bizonyítást nyert, hogy a fűszerpaprika őrlmények színjellemzőit szignifikánsan ($p < 0,01$) befolyásolja a szemcseméret. Ezért külön vizsgáltuk a keverék őrlmények és komponenseik

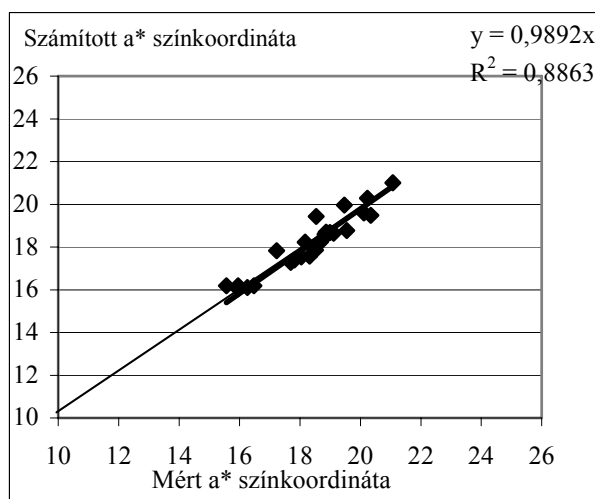
színkoordinátáinak kapcsolatát azonos szemcseméret frakciójú komponensek felhasználása esetén, és külön elemeztük a teljes őrlmények keverékeit.

4.7.1.1. Az azonos szemcseméret frakciójú őrlmények keverékekének színkoordinátái

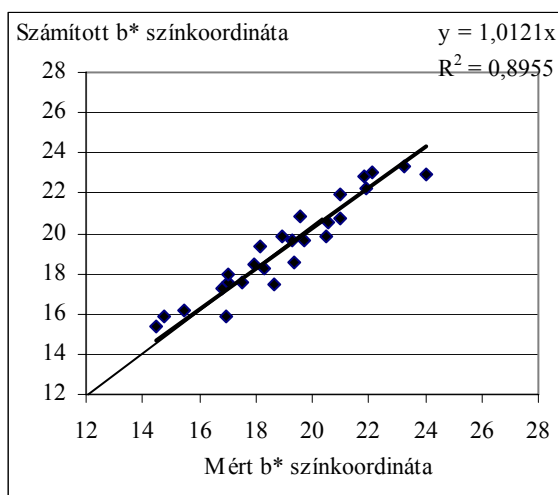
Az azonos szemcseméret frakciójú alapanyagok keverékeként előállított őrlmények mért és komponensek tömegarányának megfelelően azok színkoordinátáiból a (12) képlettel számított színkoordináta értékeit, a számított és mért színkoordináták különbségét és a ΔE_{ab}^* színkülönbséget a 16. melléklet tartalmazza. Megállapíthatjuk, hogy a színkülönbség maximális értéke 1,47 egység, míg a mért és számított érték között a legnagyobb eltérés L^* esetén 0,83, a^* esetén 0,89 és b^* esetén 1,27 színkoordináta egység. Ezek az értékek alig haladják meg a mérés ismétlíképességének elemzésekor kapott szórás értékek kétszeresét.



50. ábra Az őrlemény keverékek mért és számított L^* koordinátáinak összefüggése



51. ábra Az őrlemény keverékek mért és számított a^* koordinátáinak összefüggése



52. ábra Az őrlemény keverékek mért és számított b^* koordinátáinak összefüggése

A részletes elemzéshez a számított színkoordináta értékeket a mért értékek függvényében az 50-52. ábrákon tüntettük fel. A mért és számított értékeken végzett összefüggés vizsgálat eredményét, a kapott regressziós egyenes egyenletét és a determinációs koefficiens értékét, is feltüntettük az ábrákon. A regresszió statisztikai próbájának eredményét a 17. melléklet mutatja. Az ábrák és az eredmények azt mutatják, hogy a mért és számított értékek között mindhárom színkoordináta esetén szignifikáns összefüggés van ($p < 0,01$). Annak eldöntésére, hogy a regressziós egyenes szignifikánsan különbözik-e az $y=x$ egyenestől, t-próbát végeztünk a kapott regressziós együtthatók és az elméleti 1 meredekség összehasonlítására. Az eredmény L^* világossági koordináta esetén $t = -0,066$, a^* pirossági koordináta esetén $t = 0,173$, b^* sárgasági koordináta esetén $t = -0,194$. A kapott t értékek még $p = 0,2$ szinten sem mutatnak szignifikáns különbséget, a mért és számított színkoordináta értékek mindhárom színkoordináta esetében szignifikáns ($p < 0,001$) korrelációval illeszkednek az $y=x$ egyenesre. Ez pedig azt mutatja, hogy a keverék örlemények mért színkoordináta értékeit a komponensek tömegarányának megfelelően azok színkoordinátaiból a (12) képlettel számított értékek megfelelő pontossággal közelítették. Ezt támasztja alá a mért és számított színkoordináta értékeken elvégzett páros t-próba eredménye is, melyet a 18. táblázatban láthatunk. A kapott t -értékek jól mutatják, hogy a mért és számított színkoordináták eltérése $p = 0,05$ szinten nem szignifikáns.

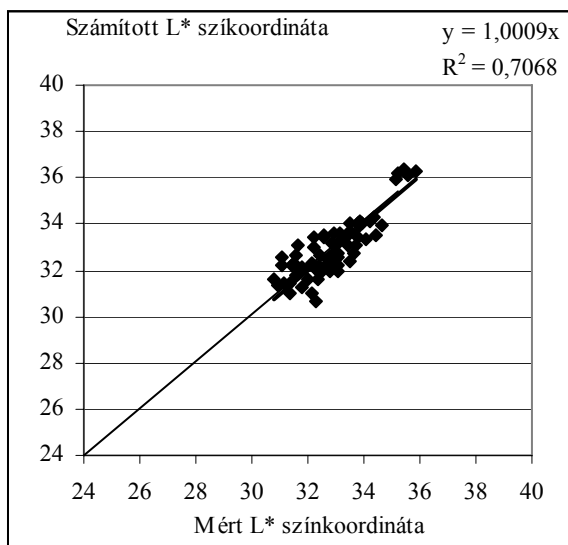
18.táblázat A mért és számított színkoordináták összehasonlítására végzett t-próba eredménye az azonos szemcseméret frakciójú keverékek esetén

Szín-koordináta	Mért értékek		Számított értékek		Szabadsági fok	t-érték	$t_{0,05}$
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás			
L^*	34,60	2,09	34,62	1,56	25	-0,281	2,059
a^*	18,34	2,07	18,15	1,81	25	0,969	2,059
b^*	19,08	6,20	19,35	5,72	25	-1,749	2,059

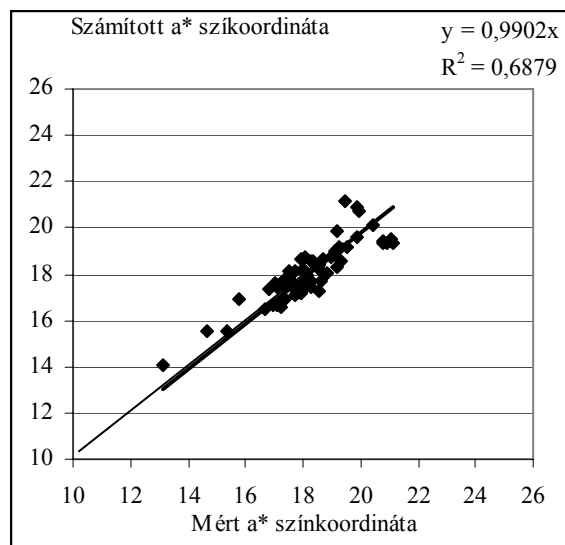
4.7.1.2. Az örlemény keverékek színkoordinátái

Az örlemény keverékek mért és a komponensek tömegarányának megfelelően azok színkoordinátaiból a (12) képlettel számított színkoordináta értékeit, a számított és mért színkoordináták különbségét és a ΔE_{ab}^* színkülönbséget a 18. melléklet tartalmazza. Ebben az esetben a színkülönbség maximális értéke 1,47 egység, míg a mért és számított érték között a legnagyobb eltérés L^* világossági koordinátánál 1,63, a^* -nál 1,81 és b^* -nál 1,81 egység volt. Tehát a különbségek nőttek, annak következtében, hogy az örlemények szemcsemérete tágabb, 0-500 μm

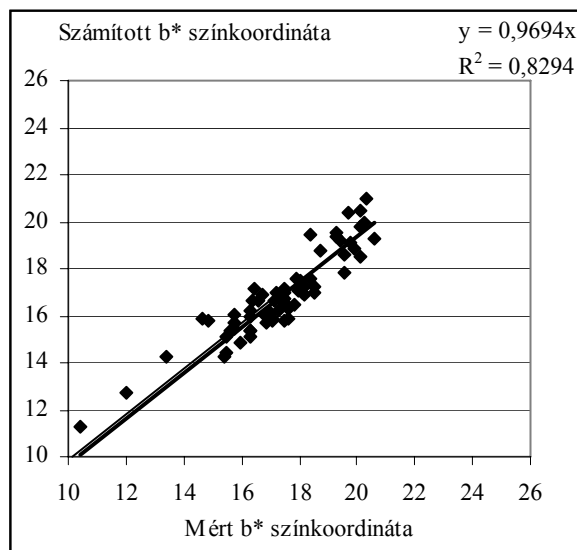
szemcseméret tartományban változott. Az adatok részletes összehasonlításához szintén ábráztuk a számított színekoordináta értékeket a mért értékek függvényében.



53. ábra Az őrlemény keverékek mért és kezdetben és a tárolás során



54. ábra Az őrlemény keverékek mért és kezdetben és a tárolás során



55. ábra Az őrlemény keverékek mért és számított b^* koordinátáinak összefüggése

A grafikonokat az 53-55. ábrák mutatják. A mért és számított értékeken végzett összefüggés vizsgálat eredményét, a kapott regressziós egyenes egyenletét és a determinációs koefficiens értékét, is feltüntettük az ábrákon. A regresszió statisztikai próbájának eredményét a 19. mellékletben láthatjuk.

Megállapíthatjuk, hogy bár a két érték közötti különbség mindhárom színekoordináta esetén növekedett, a mért és számított színekoordináták között még mindig szignifikáns ($p < 0,01$) összefüggés van. A regressziós együttható és az elméleti 1 meredekség összehasonlítására végzett t-próba eredményeként L^* -nál $t = -0,011$, a^* -nál $t = 0,165$ és b^* -nál $t = 0,636$ értékeket kaptuk, tehát a

különbség nem szignifikáns még $p=0,2$ szinten sem, vagyis a pontok mindhárom színe koordináta esetében szintén szignifikáns korrelációval illeszkednek az $y=x$ egyenesre. A mért és számított színe koordináta értékeken elvégzett páros t-próba eredménye, melyet a 19. táblázatban láthatunk, azt mutatja, hogy bár az eltérés növekedett a különbség $p=0,05$ szinten nem szignifikáns.

Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a keverék örlemények mért színe koordináta értékeit a komponensek tömegarányának megfelelően azok színe koordinátaiból a (12) képlettel számított értékek még ebben a tágabb szemcseméret tartományban is megfelelő pontossággal közelítették.

19.táblázat A mért és számított színe koordináták összehasonlítására végzett t-próba eredménye az örlemény keverékek esetén

Szín-koordináta	Mért értékek		Számított értékek		Szabadsági fok	t-érték	$t_{0,05}$
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás			
L*	32.87	1.42	32.91	1.67	64	-0.3957	1.9977
a*	18.15	2.03	17.98	1.43	64	1.9459	1.9977
b*	17.37	3.69	16.86	3.27	64	1.1694	1.9977

4.7.2. Az üzemi mérések eredményeinek értékelése

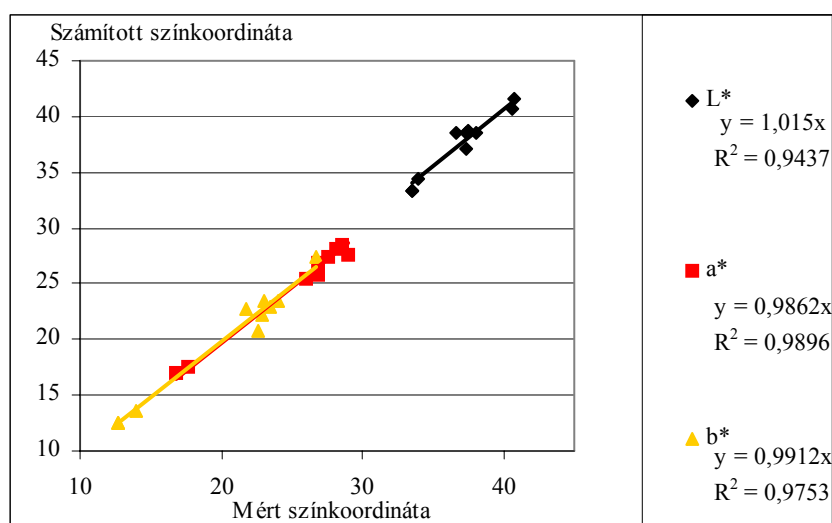
Az üzemi mérések értékelése során arra számítottunk, hogy, mivel a keverékeket 3-20 különböző minőségű és nagymennyiségű örleményből állították elő, tovább növekszik a komponensek jellemzőiből számított és a termék mért színe koordináta értékeinek különbsége. Az örlemény keverékek mért és a komponensek tömegarányának megfelelően azok színe koordinátaiból a (12) képlettel számított színe koordináta értékeit, a számított és mért színe koordináták különbségét és a ΔE_{ab}^* színekülönbséget, valamint a felhasznált komponensek számát a 20. táblázatban mutatjuk be. Annak illusztrálására, hogy a felhasznált komponensek színjellemzői egy-egy termék esetén milyen széles skálán mozognak, a 20. mellékletben feltüntettük egy 20 komponensű termék alapanyagainak színe koordináta átlag és szórás értékeit. Láthatjuk, hogy a világossági koordinátánál a minimum és a maximum eltérése 7,75, a pirossági koordinátánál 7,48 és a sárgasági koordinátánál 10,29 egységnyi, vagyis a felhasznált örlemény alapanyagok színe igen eltérő volt.

A 20. táblázat értékei alapján azt mondhatjuk, hogy a mért és számított színe koordináták különbsége egy esetben haladta meg 0,2 egységnyivel a laboratóriumi körülmények között végzett keverékeknél mért eltérést. A színekülönbség értéke egyik termékénél sem volt nagyobb a szemmel jól érzékelhető 3 egységénél, és csak kétszer esett a szemmel már érzékelhető 1,5-3 érték tartományba. Itt is elvégeztük a mért és számított színe koordináták összefüggés vizsgálatát és páros t-próbával is összehasonlítottuk az értékeket. A számított színe koordináta értékeket a mért értékek függvényében az 56. ábrán láthatjuk, itt tüntettük fel a regressziós egyeneseket és a determinációs

koefficiens értékét is. A regresszió statisztikai próbájának eredményét a 21. mellékletben láthatjuk. Megállapíthatjuk, hogy mért és számított színekoordináták között az összefüggés szignifikáns ($p < 0,001$).

20. táblázat Az üzemi gyártások során mért és az alapanyagok jellemzőiből számított színekoordináta értékek

komponen- sek száma	Mért értékek			Számított értékek			ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*				
	40,54	26,86	26,69	40,73	26,92	27,50	0,19	0,06	0,81	0,83
	40,73	26,84	23,05	41,54	25,87	23,40	0,81	-0,97	0,35	1,31
	37,54	28,12	22,84	38,71	28,09	22,23	1,17	-0,03	-0,61	1,32
	33,50	16,74	12,67	33,37	16,93	12,57	-0,13	0,19	-0,10	0,25
	38,00	27,58	21,82	38,46	27,37	22,77	0,46	-0,21	0,95	1,08
	37,39	28,63	24,06	37,05	28,57	23,51	-0,34	-0,06	-0,55	0,65
	37,38	29,01	23,41	38,49	27,59	22,98	1,11	-1,42	-0,43	1,85
	36,69	26,02	22,68	38,53	25,45	20,70	1,84	-0,57	-1,98	2,76
	33,55	16,74	12,67	33,40	16,93	12,57	-0,15	0,19	-0,10	0,26
	33,96	17,70	13,92	34,45	17,51	13,60	0,49	-0,19	-0,32	0,62



56. ábra Az őrlemény keverékek mért és számított színekoordinátáinak összefüggése az üzemi mérések esetén

A regressziós együttható és az elméleti 1 meredekség összehasonlítására végzett t-próba eredményeként L^* -nál $t = -0,172$, a^* -nál $t = 0,434$ és b^* -nál $t = 0,169$ értékeket kaptuk, tehát a különbség nem szignifikáns még $p = 0,2$ szinten sem, a pontok mindhárom színekoordináta esetében szintén szignifikáns ($p < 0,001$) korrelációval illeszkednek az $y = x$ egyenesre. A mért és számított színekoordináta értékeken elvégzett páros t-próba eredményét a 21. táblázatban láthatjuk, szintén azt mutatja, hogy azok nem különböznek szignifikánsan. L^* koordinátánál ugyan a különbség csak

$p=0,034$ szinten nem szignifikáns, de ez nyilvánvalóan az egy esetben előforduló kiugróan magas 1,84 egységnyi eltérés következménye.

21.táblázat A mért és számított színekoordináták összehasonlítására végzett t-próba eredménye az az üzemi örlemény keverékek esetén

Szín-koordináta	Mért értékek		Számított értékek		Szabadsági fok	t-érték	$t_{0,050}$	$t_{0,034}$
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás				
L[*]	36,93	2,61	37,47	2,87	9	-2,48	2,26	2,49
a[*]	24,42	5,15	24,12	4,92	9	1,79	2,26	2,49
b[*]	20,38	5,20	20,18	5,30	9	0,754	2,26	2,49

Összességében tehát megállapíthatjuk, hogy az üzemi körülmények között végzett mérések eredményei is azt mutatták, hogy a keverék örlemények mért színekoordináta értékeit a komponensek tömegarányának megfelelően azok színekoordinátaiból a (12) képlettel számított értékek megfelelő pontossággal közelítették.

4.8. A célmintának megfelelően, a feltételrendszer alapján előállított örlemények színjellemzői

A célminta örlemény, a (13) feltételrendszer alkalmazásával, a célminta és a komponensek színekoordinátái alapján megadott keverési aránynak megfelelően előállított keverék örlemény mért és (12) képletek alapján számított színekoordinátáit, valamint a célminta örlemény és az előállított örlemény színekülönbség és színekoordináta különbség értékeit a 22. melléklet tartalmazza.

A 22. táblázatban bemutatjuk egy célminta esetén a felhasznált komponens örlemények színekoordinátáit, a meghatározott recepturát, a célminta örlemény és az előállított örlemény, valamint a keverék örlemény mért és számított színekoordinátái között meghatározott színekülönbség értékét.

A (18), (19) és (20) képletek mutatják az alkalmazott feltételrendszert és célfüggvényt. Az optimalizálási feltételrendszer felírásakor csak azt tekintettük célnak, hogy az előállított keverék színe megfeleljen a célmintának, ezért a komponensek mennyiségére csak felső korlátot adtunk, és ez a korlát minden komponensre ugyanaz volt. Célfüggvényként a keverék mennyiségének maximalizálását írtuk elő.

$$\begin{aligned}
& \left(\frac{35,10x_1 + 30,90x_2 + 33,20x_3 + 32,34x_4 + 34,06x_5 + 36,38x_6}{\sum_{i=1}^6 x_i} - 30,9 \right)^2 + \\
& + \left(\frac{16,83x_1 + 20,01x_2 + 18,63x_3 + 18,51x_4 + 19,56x_5 + 16,20x_6}{\sum_{i=1}^6 x_i} - 19,51 \right)^2 + \\
& + \left(\frac{17,25x_1 + 19,50x_2 + 20,12x_3 + 16,95x_4 + 15,35x_5 + 14,50x_6}{\sum_{i=1}^6 x_i} - 16,69 \right)^2 \leq 2,25 \quad (18)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_1 &\leq 20 \\
x_2 &\leq 20 \\
x_3 &\leq 20 \\
x_4 &\leq 20 \\
x_5 &\leq 20 \\
x_6 &\leq 20
\end{aligned} \quad (19)$$

$$\text{célfüggvény: } x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \rightarrow \max \quad (20)$$

22. táblázat Egy célminta örlemény esetén a komponensek, a célminta és az előállított keverék jellemzői

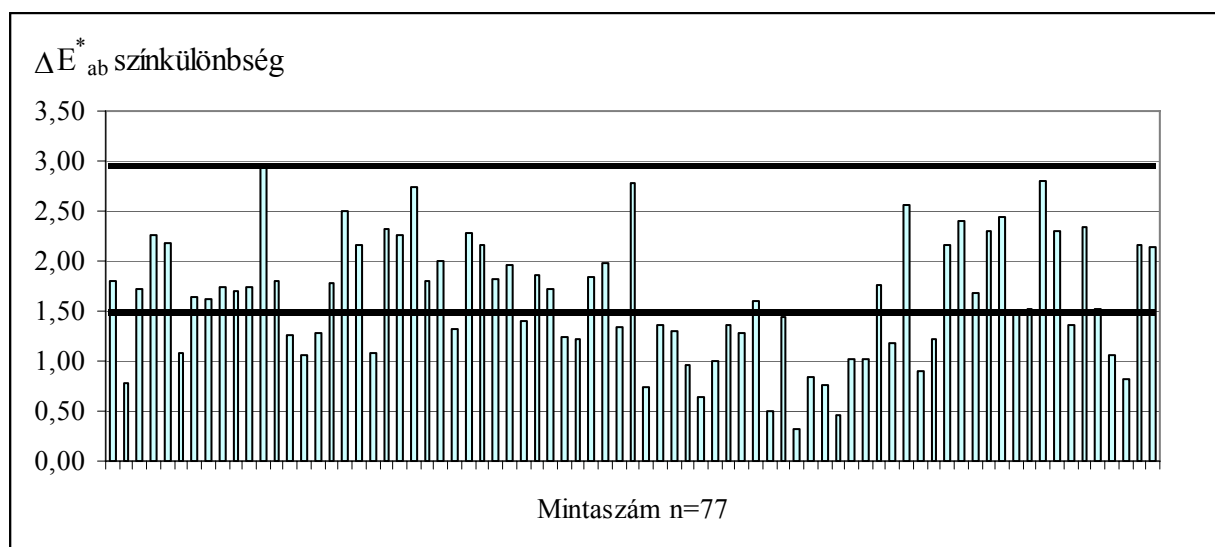
	L*	a*	b*	komponens aránya (%)
<i>1. komponens</i>	35,10	16,83	17,25	0
<i>2. komponens</i>	30,90	21,01	19,50	27,0
<i>3. komponens</i>	33,20	18,63	20,12	13,1
<i>4. komponens</i>	32,34	18,51	16,95	27,0
<i>5. komponens</i>	34,06	19,56	15,35	27,0
<i>6. komponens</i>	36,38	16,20	14,50	5,9
célminta	31,50	19,51	16,69	
ΔE_{ab}^* színekülönbségre megadott korlát			1,5	
keverék mért	31,55	17,99	18,04	
keverék számított	32,63	19,46	17,69	
A célminta és keverék ΔE_{ab}^* színekülönbsége			2,04	

A célmintának megfelelő keverési arány biztosítása szempontjából csak az a fontos, hogy (18) feltételt szerepeljen, hiszen ez írja le a célminta és a keverék számított színekoordinátái alapján meghatározott színekülönbségre vonatkozó korlátot. A komponensek mennyiségére tetszőlegesen adható meg további alsó és felső korlát, a feltételrendszer bővíthető egyéb minőségi paraméterekre vonatkozó előírásokkal. Célfüggvényként is alkalmazható más előírás, például az alapanyagköltség minimuma.

Ebben az esetben az előírt színekülönbség 1,5 egység volt, és 2,13 egység a célminta és a keverék között ténylegesen számított érték, vizuálisan alig érzékelhető volt a különbség. A kísérletek azt mutatták, hogy az előírt színezeti különbség értéket nem célszerű 1,5-nél nagyobbak választani, mert amelyik recepturánál ennél nagyobb értéket választottunk, ott az előállított keverék és a célminta között meghatározott színekülönbség általában meghaladta a 3 egységet, és vizuálisan is érzékelhető különbséget tapasztaltunk. Ezért a 22. mellékletben szereplő célmintáknál a korlátot minden esetben 1,5-nek vagy 1-nek választottuk.

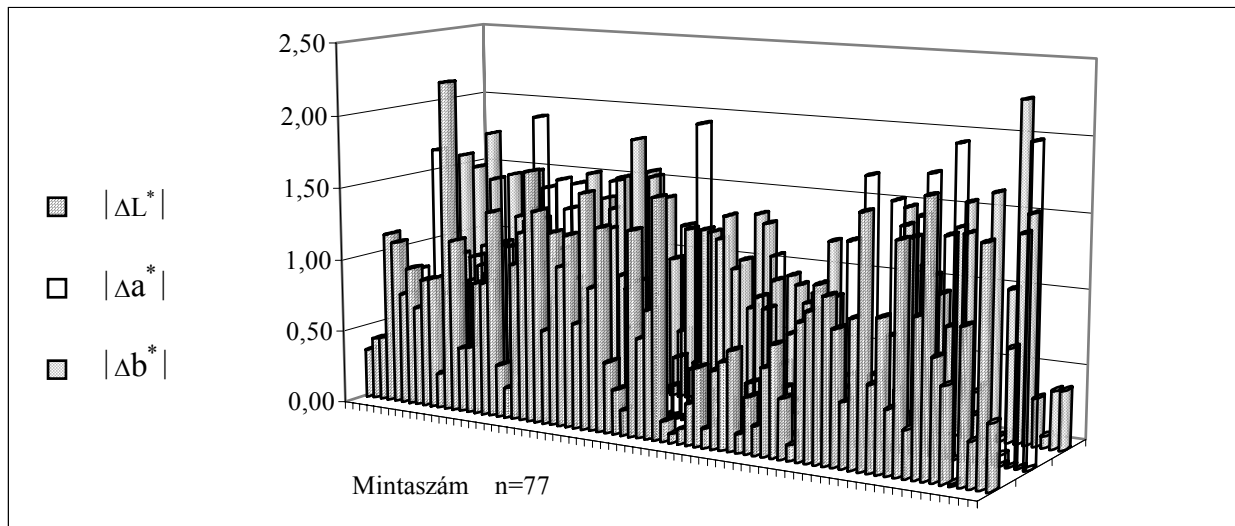
Az 57. ábrán feltüntettük a célminta örlemények és a meghatározott keverési arálynak megfelelően előállított örlemény keverékek színekülönbség értékeit, az 58. ábrán pedig az egyes színekoordináták eltérését.

Láthatjuk, hogy a színekülönbség 40 keveréknél esett az 1,58-2,94 értéktartományba, de a színekülönbségre vonatkozó felső korlát csökkentésével elérhető volt, hogy ne haladja meg a vizuálisan jól érzékelhető 2,94 egységet.



57. ábra A célminta és a meghatározott keverési arálynak megfelelően előállított örlemény keverékek színekülönbség értékei

A világossági tényező eltérésének maximuma 2,25 egység volt, 5 esetben volt 1,5-nél nagyobb. A pirossági koordinátánál a maximális eltérés 2,07 volt és 13 keveréknél haladta meg az 1,5 egységet. A sárgasági tényező eltérésének maximuma 2,25 egység volt, 9 esetben volt 1,5-nél nagyobb.



58. ábra A célminta és a meghatározott keverési aránynak megfelelően előállított örlemény keverékek színkoordináta eltérései

A vizuális minősítésnél 14 esetben találtunk kis mértékű és 5 esetben jól érzékelhető különbséget. Az eltérések még tovább csökkenthetők a színkülönbségi korlát csökkentésével.

Mindezek alapján azt mondhatjuk, hogy a laboratóriumi kísérletek azt mutatják, hogy az eljárás alkalmas arra, hogy adott komponensek és célminta esetén megadjuk a megfelelő keverési arányt. Az üzemi körülmények között végzett mérések azt mutatták, hogy a nagyobb tételek fokozott inhomogenitása miatt nem romlana lényegesen az eljárás pontossága, és a pillanatnyilag alkalmazott empirikus alapú receptura szinte prognosztizálhatatlan végeredményéhez viszonyítva minőségileg javíthatná a termelés biztonságát.

Az eljárás tovább fejlesztése annak a módszernek, melyet 1981-84 között dolgoztunk ki (HUSZKA és mtsai, 1984; 1987; 1990). Akkor a méréseket Momcolor DC tristimulusos színmérő készüléket használtunk és L^* , a^* és b^* színkoordináták helyett X, Y és Z trikromatikus összetevőkkel dolgoztunk. Ez utóbbi miatt az eljárás sokkal bonyolultabb volt, amit tovább nehezített az, hogy számítástechnikai lehetőségeink sokkal szerényebbek voltak. Más, hasonló módszerről nem olvashatunk a szakirodalomban.

4.9. Új tudományos eredmények

1. A fűszerpaprika őrlemények mért L^* , a^* és b^* színekoordinátáiból számított ΔE_{ab}^* színingerkülönbség értéke és az őrlemények vizuálisan érzékelt színeltérése között az alábbi kapcsolatot állapítottam meg.

Két fűszerpaprika őrlemény között a színeltérés nem érzékelhető, ha színekoordinátáikból számított színingerkülönbségre $\Delta E_{ab}^* \leq 1,58$ reláció teljesül.

2. Megállapítottam, hogy az őrlemény szemcsemérete szignifikánsan ($p < 0.001$) befolyásolja az L^* világossági koordináta, a C_{ab}^* króma és a h_{ab}^0 színezeti szög értékét.

A szemcseméret csökkenésének hatására mindhárom színjellemző növekszik. Ez azt mutatja, hogy a kisebb szemcseméretű frakciók színe világosabb, élénkebb és sárgább árnyalatú, vagyis összességében az őrlemény minősítése szempontjából kedvezőtlenebb színérzetű.

Érvényességi tartomány: $L^* \in [32,71;37,24]$, $a^* \in [12,38;22,13]$, $b^* \in [11,38;24,55]$

3. Megállapítottam, hogy a teljes őrlemény színekoordinátái meghatározhatók a szemcseeloszlásából és az egyes szemcseméret frakcióinak színekoordinátáiból, mivel $p=0,001$ szinten szignifikáns összefüggés van a teljes őrlemény mért színekoordinátái valamint a szemcseeloszlása és az egyes szemcseméret frakcióinak színekoordinátáiból az alábbi képletekkel számított színekoordináta értékek között:

$$L_k^* = \frac{\sum_{i=1}^5 L_i^* m_i}{\sum_{i=1}^5 m_i}, \quad L_k^* = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i^* m_i}{\sum_{i=1}^5 m_i}, \quad L_k^* = \frac{\sum_{i=1}^5 b_i^* m_i}{\sum_{i=1}^5 m_i}, \text{ ahol}$$

L_i^* , a_i^* és b_i^* jelöli az i -edik szemcseméret frakció színekoordinátáit, m_i az adott frakció tömege.

A regressziós egyenes és a determinációs koefficiens

L^* világossági koordináta esetén: $y=0,9938x$; $R^2=0,947$

a^* pirossági koordináta esetén: $y=0,9861x$; $R^2=0,983$

b^* sárgasági koordináta esetén: $y=0,9832x$; $R^2=0,971$.

Érvényességi tartomány: $L^* \in [32,71;37,24]$, $a^* \in [12,38;22,13]$, $b^* \in [11,38;24,55]$

4. Mérésekkel igazoltam, hogy az őrlemény színjellemzőiben 6 hónapos tárolás hatására bekövetkező változás mértékét nem befolyásolja a szemcseméret.

5. Megállapítottam, hogy magyar fűszerpaprika őrlemények esetén L^* világossági koordináta ($p=0,053$) és C_{ab}^* króma ($p=0,0025$) értékét nedvességtartalmának növelése szignifikánsan befolyásolja. A nedvességtartalom növekedésének hatására a jellemzők értéke csökken, az őrlemény színe sötétebbnek és pirosabbnak látszik, az-az színérzete javul.

Érvényességi tartomány: $L^* \in [33,06;36,73]$, $a^* \in [17,85;23,85]$, $b^* \in [17,64;23,56]$

6. Kimutattam, hogy olajtartalmának növelése hatására szignifikánsan ($p<0,001$) csökken az őrlemények L^* világossági koordináta és C_{ab}^* króma értéke. Az őrlemény színének sötétebbé válása javítja vizuális megítélését.

Érvényességi tartomány: $L^* \in [31,87;37,04]$, $a^* \in [16,56;21,03]$, $b^* \in [16,03;24,55]$

7. Bebizonyítottam, hogy L^* , a^* és b^* színkoordináták változása a keverés során tömeg arányos, vagyis, ha tekintünk n különböző fűszerpaprika őrleményt, melyeknek színkoordinátái ismertek:

$$L_i^* ; a_i^* ; b_i^* \quad (i = 1, \dots, n)$$

és ezekből keveréket készítünk oly módon, hogy m_i ($i=1, \dots, n$) jelöli az i -edik komponensből felhasznált mennyiséget, akkor a homogenizálás után kapott keverék L_k^* , a_k^* és b_k^* színkoordinátái számíthatók a következő képletekkel:

$$L_k^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i L_i^*}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad a_k^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i a_i^*}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad b_k^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i b_i^*}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Az összefüggést üzemi mérések eredményei is alátámasztják.

8. Kidolgoztam egy eljárást, amely az alábbi feltételrendszer és célfüggvény alkalmazásával alkalmas adott célmintának megfelelő színjellemzőjű őrlemény előállítására:

$$\left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{M} \cdot L_i^* - L_k^* \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{M} \cdot a_i^* - a_k^* \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{M} \cdot b_i^* - b_k^* \right)^2 \leq E^2$$

$$x_i \leq k_i \quad (i=1, \dots, n)$$

Célfüggvény: $\sum_{i=1}^n x_i = M \rightarrow \max$

x_i jelöli az i -edik alapanyagból felhasználandó mennyiséget,
 k_i jelöli az i -edik alapanyagból rendelkezésre álló mennyiséget,
 L_i^*, a_i^*, b_i^* jelölik rendre az i -edik alapanyag szíinkoordináta értékekeit,
 L_k^*, a_k^*, b_k^* a célminta örlemény szíinkoordinátái,
 E jelöli az alkalmazott szíinkülönbség határt.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

✓ A színmérés ismétlőképessége és a reprezentatív mérésszám

A fűszerpaprika őrlemények csak megközelítőleg tekinthetők homogénnek, és ez különösen megmutatkozik felületi színükben. Egyszerű szemrevételezéssel jól látszanak az őrlemény különböző alkotórészei, a bőr, csoma és mag, melyek közül csak a bőr tartalmaz piros színezékanyagokat. Ennek megfelelően a csoma és a mag eredetileg sárgásfehér részecskéi olyan mértékben válnak piros árnyalatúvá, amennyire az őrlés és homogenizálás során a bőr színezékei befestik. A leggondosabb homogenizálás sem képes a különböző alkotórészek egyenletes elosztatására, így az őrlemények bármely jellemzőjének – legyen az a színezéktartalom, a homoktartalom vagy hamutartalom – fokozottan ügyelni kell a mintavételezésre, és számolni kell azzal, hogy az egyes mintákon mért értékek mutatnak bizonyos eltérést. Például az MSZ: 9681-5:2002 szabvány, amely az őrlemény összes színezéktartalmának meghatározására vonatkozik, a két párhuzamos mérés közötti megengedett eltérést a középérték 10%-ban limitálja. Az inhomogenitás fokozottan jelentkezik a színmérésénél, ahol a mérés eredményét nem csak a kivett minta összetétele, hanem az is befolyásolja, hogy mely szemcsék kerülnek a méréskor a minta felületére. Ez megmutatkozott az őrleményeken végzett ismételt színmérés eredményeiben is. L^* világossági tényező esetén a szórás értékek $0,127-0,376$ egység, a^* pirossági koordináta esetén $0,216-0,391$ és b^* sárgasági koordináta esetén $0,181-0,514$ egység között változtak. Ezek az értékek nem voltak kisebbek akkor sem, amikor nem teljes őrlemények mérését végeztük, hanem valamely szűkebb, $75-125\ \mu\text{m}$ szélességű, szemcseméret frakcióján mért értékek szórását vizsgáltuk. Tehát a szemcseméret, illetve a szemcseeloszlás nem befolyásolta számottevően a mérés ismétlőképességét. Ha azonban az őrlemény alacsonyabb minőségi kategóriában tartozott, vagyis alacsonyabb volt a színezéktartalma, nagyobb százalékban tartalmazta a paprika nem piros alkotórészeit, és ezáltal vizuálisan is kevésbé volt a színe egyöntetű, akkor nőtt a szórás értéke is. Összességében tehát azt mondhatjuk, hogy a párhuzamos mérések közötti eltérés az őrlemény inhomogenitásának következménye, a színmérés alkalmas a fűszerpaprika őrlemények színének objektív jellemzésére. Az ugyan azon őrlemény mintán 10 illetve 3 ismétlésben végzett mérések eredményeiből számított színkoordináta értékek átlagának és szórásának statisztikai próbája azt mutatta, hogy a két átlag között $p=0,05$ szinten nincs szignifikáns különbség, tehát a 3 ismételt mérés átlaga és a 10 mérés átlaga egyezőnek tekinthető. Ez azt mutatta, hogy az őrlemény színjellemzőinek mérését elegendő 3 ismétlésben elvégezni, ezek átlaga megfelelően jellemzi az őrlemény színét. Felmerül a kérdés, hogy nagyüzemi méretekben milyen mintavételezéssel valósítható meg egy nagyobb

tétel jellemzése. Az üzemi gyakorlatban a minőségellenőrzéshez töltéskor a tétel minden zsákjának tetejéről mintát vesznek, majd ezeket a mintákat homogenizálják. Ez a minta kerül a laboratóriumba minőségellenőrzésre. 2001-ben méréseket végeztünk annak elemzésére, hogy ennek az őrlemény mintának a színe megfelelően jellemzi-e az adott tétel színét (H.HORVÁTH et al., 2004). Az eredmények azt mutatták, hogy az ezen a mintán 3 ismétlésben végzett színmérés átlaga alkalmas a szín jellemzésére. Ilyen módon a műszeres színmérés az üzemi gyakorlatban is könnyen és gyorsan elvégezhető.

- ✓ Fűszerpaprika őrlemények vizuálisan és műszerrel mért jellemzők alapján meghatározott színkülönbségének kapcsolata

A műszeres színmérés alkalmazásának elengedhetetlen feltétele annak definiálása, hogy milyen kapcsolat van a mért színekoordinátákból számított színínges különbség értéke és a szemmel érzékelt színeltérés mértéke között. Az általunk fűszerpaprika őrleményekre igazolt összefüggés, miszerint ha $\Delta E_{ab}^* \leq 1,58$, akkor az őrlemények között a színeltérés nem érzékelhető, ha $1,58 < \Delta E_{ab}^* \leq 2,94$ és $(|\Delta L^*| < 2,0, |\Delta a^*| < 2,0)$ akkor a színeltérés kis mértékben érzékelhető, és szemmel jól érzékeljük a különbséget, ha $\Delta E_{ab}^* > 2,94$, kis mértékben eltér a 4. táblázatban bemutatott feltételrendszertől, amelyet gyakran alkalmaznak. A táblázat az egyes vizuális különbség osztályokhoz kisebb ΔE_{ab}^* színkülönbség felső határt ad meg. Az eltérést az indokolja, hogy a tolerancia határokat nyilván befolyásolja a mérés pontossága, és a szórások figyelembevételével L^* világossági és a^* pirossági tényező esetén 0,8, b^* sárgasági koordináta esetén 1 egységnyi különbség nem érzékelhető. Ugyanakkor a $\Delta E_{ab}^* = 2,94$, amelyben a szemmel jól érzékelhető különbség határát megadtuk, összhangban van HUSZKA et al. (1985) megállapításával, aki Momcolor DC tristimulusos készüléket használt az őrlemények színjellemzőinek méréséhez.

A megadott toleranciahatárok alapján történt műszeres minősítés eredménye a minta párok 90,6%-ban egyezett a vizuális összehasonlítás eredményével, 5,3 %-ban volt szigorúbb annál, vagyis nagyobbak ítélte a különbséget, mint a vizuális értékelés. A határokat azért állapítottuk meg így, mert a gyakorlati alkalmazás során a minőség ellenőrzésnél inkább a szigorúbb előírások biztosíthatják a megfelelő minőséget. A megadott feltételrendszert a gyakorlat számára még kiegészíthetjük. A vevő egy jobb minőséget változatlan áron általában hajlandó megvásárolni. Ha a minősítendő őrlemény és a jellegminta között számított ΔH_{ab}^* színezeti különbség negatív, akkor a jellegminta kevésbé piros. Tehát ha a minősített őrlemény között

számított $\Delta E_{ab}^* > 2,94$, de $\Delta H_{ab}^* < 0$, akkor azt mondhatjuk, hogy bár a minősített őrlemény színe eltér a jellegmintától, de pirosabb, vagyis jobb vizuális megítélésű.

✓ A szemcseméret hatása az őrlemények színjellemzőire

A Magyar Élelmiszerkönyv előírása alapján a különleges és a csemege minőségű őrleménynek az 500 μm -es, az édesnemes és a rózsa őrleményeknek a 630 μm -es szitán kell 100%-ban átesnie. A vizsgált őrlemények szemcseeloszlása igen változatos képet mutatott. Mindegyik teljes egészében az 500 μm -nél kisebb szemcseméret tartományba esett. 125 μm -nál kisebb szemcséket csak a vizsgált őrlemények 20 %-a tartalmazott.

Az őrlemények különböző szemcseméret frakcióinak színmérése igazolta, hogy a szemcseméret szignifikánsan ($p < 0,001$) befolyásolja az őrlemény színjellemzőit. L^* világossági koordináta a szemcseméret csökkenésével fokozatosan növekszik. A h_{ab}^0 színezeti szög és C_{ab}^* króma értéke is növekedést mutat a szemcseméret csökkenésének hatására. Ez azt mutatja, hogy a kisebb szemcseméretű frakciók színe világosabb, élénkebb és sárgább árnyalatú, vagyis összességében az őrlemény minősítése szempontjából kedvezőtlenebb színérzetű. Legnagyobb volt a különbség 63 μm -125 μm és a többi szemcseméret frakció színe között. Szignifikáns ($p = 0,05$) volt a különbség a 125 μm -250 μm és 315 μm -400 μm szemcseméret frakciók között, és nem volt érzékelhető az eltérés a 315 μm -400 μm és 400 μm -500 μm frakciók összehasonlításában.

Hasonló megállapítást tett az őrlemény színjellemzőit az aprítás folyamatában vizsgálva HUSZKA és VÉHA (1985), HALÁSZ et al. (1985), valamint CHEN et al. (1999), aki a Koreában honos fajta és aprítási technológia esetén vizsgálta a témát.

A fenti megállapítások arra mutatnak rá a gyakorlat számára, hogy az aprítás során kerülni kell, hogy az őrlemény szemcsemérete a szükségesnél kisebb legyen, mert az jelentős színminőség romlást okoz.

A fűszerpaprika őrlemény és az egyes szemcseméret frakcióinak színekoordinátái között kapcsolatot találtunk, nevezetesen, a teljes őrlemény mért színekoordinátáit jól közelítik az

$$L_k^* = \frac{\sum_{i=1}^5 L_i^* m_i}{\sum_{i=1}^5 m_i}, \quad L_k^* = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i^* m_i}{\sum_{i=1}^5 m_i}, \quad L_k^* = \frac{\sum_{i=1}^5 b_i^* m_i}{\sum_{i=1}^5 m_i} \text{ képletekkel számított értékek, ahol}$$

L_i^* , a_i^* és b_i^* jelöli az i -edik szemcseméret frakció színekoordinátáit, m_i az adott frakció tömege.

Ebből szintén az következik, hogy ha az őrlemény szemcseeloszlása eltolódik a kisebb, világosabb és sárgább színű őrleményfrakció felé akkor a teljes őrlemény színe is ebbe az irányba változik, ezért vizuális megítélése rosszabb lesz.

A különböző szemcseméret frakciójú őrlemények frakcionálást követően, majd 6 hónap múlva végzett színmérés eredményének összehasonlítása alapján azt találtuk, hogy a tárolása alatt L^* értéke növekedett átlagosan 1,5-2 egységgel, vagyis világosodott az őrlemény. Hasonló változást tapasztalhattuk b^* -nál is, míg a^* pirossági koordináta 1,7-2,5 egységgel csökkent. Az eredmények arra mutattak rá, hogy a változás mértéke, amely 6 hónap alatt sötét helyen, 20-22°C között tárolva az őrleményeket bekövetkezett, melynek következtében vizuális színérzetük romlott, mert színük világosabb, kevésbé telítetté, sárgább árnyalatúvá vált, nem függ az őrlemény szemcseméretétől.

✓ A nedvességtartalom hatása az őrlemények színjellemzőire

Az eredmények azt mutatták, hogy nedvességtartalom növelés színre kifejtett hatása kis mértékben függ a kiindulási őrleménytől. A vizsgált 10 őrlemény kezdeti nedvességtartalma 7-8% között változott. A nedvességtartalom növelésének hatására bekövetkező változás iránya minden őrlemény mintánál megegyezett, L^* világossági koordináta, h_{ab}^0 színezeti szög és C_{ab}^* króma értéke is csökkent, a változás mértékében mutatkozott különbség. A kezdeti mintához számított színkülönbség érték 2, 3 illetve 4% nedvességtartalom növekedés hatására haladta meg a szemmel érzékelhető 1,58 egységet.

L^* világossági koordináta csökkenése jelezte, hogy a nedvességtartalom növekedésével az őrlemény színe sötétedik. A kezdeti mintához számított króma különbség negatív értéke a szín kevésbé telítetté válását mutatta, a színezeti különbség negativitásából pedig arra következtethetünk, hogy az őrlemény színe a nedvességtartalom növekedésével a piros irányába változott. Mindezek a megállapítások összhangban vannak a vizuális értékelés eredményével. Arra a kérdésre, hogy mi okozta a változás mértékében mutatkozó különbséget, az adatok elemzése nem adott választ. Ennek vizsgálatához még további kísérletek szükségesek.

A kapott eredmények összhangban vannak HALÁSZNÉ et al. (1985) megállapításával, aki a kondicionálás hatását vizsgálva állapította meg, hogy 4 % nedvességtartalom növelés hatására sötétebb és pirosabb árnyalatú lesz az őrlemény. Az őrlemények kezdeti nedvességtartalma ebben az esetben 6,5-7,5% között változott, tehát alig tér el az általunk mért mintákétól. CHEN et al. (1999) vizsgálatai során 10-15 % intervallumban változó nedvességtartalmú őrlemények színét mérve nem találta szignifikánsnak ($p=0,05$) a színjellemzők változását. Vizsgálatai során átlagosan 2,5 %-kal magasabb volt az őrlemények kezdeti nedvességtartalma, mint a mi

méréseinknél, ez részben magyarázhatja CHEN et al. (1999) eltérő következtetéseit. Mivel a Magyar Élelmiszerkönyv az őrlemények nedvességtartalmának felső határát 11 %-ban adja meg, és mert az ennél magasabb értéknek káros mikrobiológiai következménye van, ezért nem tartottuk indokoltnak 12-15%-ra növelni a mért minták nedvességtartalmát. A Koreában, és általában a délebbre fekvő országokban termesztett fűszerpaprika beérett állapotban egészen sötét piros, sokkal sötétebb árnyalatú, mint a hazai. Tehát a CHEN et al. (1999) által vizsgált őrlemények színe már a nedvességtartalom növelés előtt sokkal sötétebb volt, mint a magyar őrlemények, így a szín nedvességtartalom növekedés hatására bekövetkező sötétedése valószínűleg ezért nem volt érzékelhető. Egzakt választ egy olyan kísérlet adna, amely során a különböző országokból származó alapanyagból készült őrlemények nedvességtartalmát változtatnánk 7-15 % intervallumban. Hangsúlyozzuk azonban, hogy az őrlemény nedvességtartalma nem lehet 11%-nál magasabb, ezért nem tarjuk indokoltnak a 12-15% intervallum vizsgálatát.

✓ Az olajtartalom növelésének hatása az őrlemények színjellemzőire

Méréseink eredményei alátámasztották azt a tapasztalati tényt, hogy az őrlemény olajtartalmának növelése javítja vizuális megítélését. A változás L^* világossági tényező, h_{ab}^0 színezeti szög és C_{ab}^* króma értékének csökkenésében mutatkozott meg. A változás mértéke L^* világossági tényező és C_{ab}^* króma esetében volt szignifikáns ($p < 0,001$). A változások az őrlemény színének sötétedését, telítettségének csökkenését és csekély mértékű elmozdulását mutatták a színtér pirosabb tartomány felé. A változás mértéke 2% olaj hatására az őrlemények felénél már meghaladta a vizuálisan már észlelhető 1,58 színkülönbség egységet. 3% olaj adagolásakor ez már minden őrleményre teljesült, sőt 5 esetben a színkülönbség a vizuálisan jól érzékelhető tartományba esett. A modell kísérletben használt étolaj természetes nem alkalmazható az üzemi gyakorlatban. Ez esetben a magas olajtartalmú paprikamag hozzáadásával érhetünk el hasonló színérzet javító hatást. A mag arányának növelése γ -tokoferol tartalma miatt is hasznos, hiszen a γ -tokoferol antioxidáns. Antioxidánsoknak pedig, mint azt több kutató egyértelműen kimutatta, fontos szerepük van a zsírok-olajok avasodásának gátlásában, és a tárolás alatti színezékbomlás mértékének csökkentésében (ZACHARIEV et al., 1987; OKOS et al., 1990, BIACS et al., 1992; OSUNA-GARCIA et al., 1997; MÁRKUS et al., 1999, PEREZ et al., 1999; RODRIGES et al., 1999a, VARON et al., 2000, LANDRON DE GUEVARA et al., 2002; MORARIS et al., 2002).

✓ A őrlemény keverékek és komponenseik színkoordinátáinak kapcsolata

Az keverék őrlemény keverékek és komponenseik színjellemzőinek összefüggését vizsgálták már HUSZKA et al. (1984, 1987a, 1990). Bizonyították, hogy azonos szemcseméretű fűszerpaprika őrlemények keverése során az X, Y és Z trikromatikus értékek a komponensek tömeg arányának megfelelően változnak. Hasonló eredményre jutottunk a keverék őrlemények és komponenseik L^* , a^* és b^* színkoordinátáinak elemzése során. Megállapítottuk, hogy a keverés során L^* , a^* és b^* színkoordináták szintén tömeg arányosan változnak.

Tehát ha tekintünk n különböző fűszerpaprika őrleményt, melyeknek színkoordinátái ismertek:

$$L_i^* ; a_i^* ; b_i^* \quad (i = 1, \dots, n)$$

és ezekből keveréket készítünk oly módon, hogy m_i ($i=1, \dots, n$) jelöli az i -edik komponensből felhasznált mennyiséget, akkor a homogenizálás után kapott keverék L_k^* , a_k^* és b_k^* színkoordinátái megfelelő pontossággal számíthatók a következő képletekkel:

$$L_k^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i L_i^*}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad a_k^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i a_i^*}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad b_k^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i b_i^*}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Ez az eredmény jól hasznosítható lenne a fűszerpaprika őrlemény nagyüzemi gyártási technológiájában, ahol a készterméket különböző őrlemények keverékeként állítják elő. A jelenlegi gyakorlatban a keverékek összeállításánál csak a beltartalmi jellemzők műszerrel mért értékét veszik figyelembe, ennek megfelelően a késztermék színe nem prognosztizálható. Így gyakori probléma, hogy bár a termék beltartalmilag megfelelő, a színe nem felel meg a vevő elvárásainak. A fenti eredmény alkalmazásával ez elkerülhető lenne.

✓ Adott célmintának megfelelő színű őrlemény keverék előállítása

Az előző pontban ismertetett eredmények lehetővé teszik az alábbi feltételrendszer felírását, amely segítségével egy késztermék gyártási receptúrájának összeállítása során a komponensek beltartalmi jellemzői mellett figyelembe vesszük azok színkoordinátái is.

$$\left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{M} \cdot L_i^* - L_k^*\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{M} \cdot a_i^* - a_k^*\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{M} \cdot b_i^* - b_k^*\right)^2 \leq E^2 \quad (18)$$

$$x_i \leq k_i \quad (i=1, \dots, n)$$

Célfüggvény: $\sum_{i=1}^n x_i = M \rightarrow \max$

Ahol x_i jelöli az i -edik alapanyagból felhasználandó mennyiséget,
 k_i jelöli az i -edik alapanyagból rendelkezésre álló mennyiséget,
 L_i^*, a_i^*, b_i^* jelölik rendre az i -edik alapanyag színe koordináta értékeit,
 L_k^*, a_k^*, b_k^* az előállítandó örlemény színe koordinátái,
 E jelöli a megadott színekülönbség határt.

Az optimalizálási feltételrendszer felírásakor csak azt tekintettük célként, hogy az előállított keverék színe megfeleljen a célmintának, ezért a komponensek mennyiségére csak felső korlátot adtunk, és ez a korlát minden komponensre ugyanaz volt. Célfüggvényként a keverék mennyiségének maximalizálását írtuk elő.

A célmintának megfelelő szín biztosítása szempontjából csak az a fontos, hogy (18) feltétel szerepeljen, hiszen ez írja le a célminta és a keverék számított színe koordinátái alapján meghatározott színekülönbségre vonatkozó korlátot. Természetesen a feltételrendszer bővíthető egyéb minőségi paraméterekre vonatkozó előírásokkal, illetve egyéb mennyiségi korlátokkal. Célfüggvényként is alkalmazható más előírás, például az alapanyagköltség minimuma.

A kísérletek azt mutatták, hogy az előírt színezeti különbség értéket nem célszerű 1,5-nél nagyobbak választani, mert amelyik recepturánál ennél nagyobb értéket választottunk, ott az előállított keverék és a célminta között meghatározott színekülönbség általában meghaladta a 3 egységet, és vizuálisan is érzékelhető különbséget tapasztaltunk.

A fentiek figyelembe vételével alkalmazva az eljárást laboratóriumi körülmények között alkalmasnak bizonyult arra, hogy adott komponensek és célminta esetén megadjuk a megfelelő keverési arányt. Az üzemi körülmények között végzett mérések azt mutatták, hogy a nagyobb tételek fokozott inhomogenitása miatt nem romlana lényegesen az eljárás pontossága, és a pillanatnyilag alkalmazott empirikus alapú receptura szinte prognosztizálhatatlan végeredményéhez viszonyítva minőségileg javíthatná a termelés biztonságát.

Az eljárás tovább fejlesztése annak a módszernek, melyet 1981-84 között dolgoztunk ki (HUSZKA és mtsai, 1984; 1987; 1990). Akkor a mérésekhez Momcolor DC tristimulusos színmérő készüléket használtunk és L^*, a^* és b^* színe koordináták helyett X, Y és Z trikromatikus

összetevőkkel dolgoztunk. Ez utóbbi miatt az eljárás sokkal bonyolultabb volt, amit tovább nehezített az, hogy számítástechnikai lehetőségeink sokkal szerényebbek voltak.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálataink célja a fűszerpaprika őrlmények színjellemzőinek olyan komplex elemzése volt, amely a tudományos élet és a gyakorlat számára egyaránt hasznos eredményeket szolgáltat. A vizsgált őrlmények alapanyaga a szegedi tájörzet 2002, 2003 és 2004 évi termése, illetve dél afrikai és dél-amerikai import fűszerpaprika volt. Színezéktartalmuk 63 és 272 ASTA egység között változott. Szemcseméretük a 0-500 μm tartományba esett, átlagos szemcseméretük 245 μm és 355 μm között változott. A színmérést Minolta CR-300 tristimulusos színmérő készülékkel végeztük, a szín jellemzésére a CIELab színteret alkalmaztuk. Az őrlemény mintákon 10 ismétlésben mért színekoordináták szórás értékeit és az egyes mérési eredmények és az átlag színínger különbségeit elemezve megállapítottuk, hogy sem a színekoordináták esetén, sem pedig a színkülönbség esetén 1 egységnél kisebb különbség nem tekinthető vizuálisan érzékelhetőnek és kimutattuk, hogy az őrlemény színét megfelelően jellemzik a 3 párhuzamos méréssel meghatározott színekoordináták átlag értékei. A vizuális érzékelés és a műszerrel mért színekoordináták kapcsolatának vizsgálatához 524 őrlemény minta pár színkülönbségét határoztuk meg vizuálisan és műszerrel mért értékek alapján. Megállapítottuk, hogy ha a két fűszerpaprika őrlemény színekoordinátáiból számított színínger különbség, $\Delta E_{ab}^* \leq 1,58$, akkor az őrlmények között a színeltérés nem érzékelhető, ha $1,58 < \Delta E_{ab}^* \leq 2,94$ és $(|\Delta L^*| < 2,0, |\Delta a^*| < 2,0)$, akkor a színeltérés kis mértékben érzékelhető, és szemmel jól érzékeljük a különbséget, ha $\Delta E_{ab}^* > 2,94$. Az őrlemény színét befolyásoló jellemzőinek, nevezetesen a szemcseméretnek, a színezéktartalomnak, az olajtartalomnak és a nedvességtartalomnak a színjellemzőkre gyakorolt hatását elemezve a következő megállapításokat tettük. A kisebb szemcseméretű őrlemény frakciók színe világosabb, élénkebb és sárgább árnyalatú, vagyis összességében az őrlemény minősítése szempontjából kedvezőtlenebb színérzetű. Kimutattuk továbbá, hogy a teljes őrlemény színét együttesen befolyásolja szemcse eloszlása és az egyes frakciók színe, és ezek alapján az őrlemény színekoordinátái kiszámíthatók. Az őrlemény színjellemzőiben 6 hónapos tárolás hatására bekövetkező változás mértékét nem befolyásolta az őrlemény szemcsemérete. Rámutattunk, hogy a nedvességtartalom növekedés hatására $p=0.05$ szinten szignifikáns a színjellemzők változása, az őrlemény színe sötétebbé és pirosabbá válik, azaz a színérzete javul. Megállapítottuk, hogy az olajtartalom növelés hatására $p=0.05$ szinten szignifikánsan csökken az őrlemény L^* világossági koordináta és C_{ab}^* króma értéke. Összefüggést írtunk le az őrlemény színezéktartalmának növekedése és a színjellemzők ennek hatására történő változása között. Kimutattuk, hogy az L^* , a^* és b^* színekoordináták a keverés során tömeg arányosan változnak. Ennek figyelembevételével dolgoztunk ki egy eljárást, amelynek segítségével beállíthatjuk a fűszerpaprika őrlmények gyártása során a végtermék színjellemzőit.

7. ABSTRACT

The complex investigation of colour characteristics of the paprika powders was the aim of the present work. Hungarian, South American and South African varieties and mixed powder samples were investigated. The powders used varied in a wide quality range, with colouring agent content between 63 and 272 ASTA units. The average particle size of the powders was between 245 μm and 355 μm . Colour measurements were performed with a Minolta CR-300 tristimulus colour measuring instrument. The CIE 1976 L^* , a^* , b^* colour system was used for colour characterization. We analyzed the values of standard deviation of colour coordinates measured 10 times and colour differences were calculated between colour coordinates and their averages. We established that 1 unit or less difference of colour coordinates was not significant and the average of colour coordinates measured 3 times on paprika powders is suitable to give the colour of them. The relationship between the instrumentally determined colour difference and the visual estimate was investigated. The conditions for the classification of paprika powder samples into colour classes were discussed: the colour difference calculated from the colour coordinates of two paprika powder samples cannot be visually distinguished if $\Delta E^*_{ab} \leq 1.58$, the difference can hardly be distinguished visually if $1.58 < \Delta E^*_{ab} \leq 2.94$ and ($|\Delta L^*| \leq 2.0$, $|\Delta a^*| \leq 2.0$). We investigated how the grain size of paprika powder influences its colour characteristics. It can be said that the grain size has significant ($p < 0.001$) effect on the colour coordinates of paprika powders. Each colour coordinate decreases while the grain size of powder drops. The colour of powders with smaller grain size is lighter, less red and more saturated. It was found that the colour coordinates of powder could be calculated from the colour coordinates of its different grain size fractions. The change of the colour coordinates in course of storage was independent of the grain size of powder and types of paprika. The effect of moisture content, oil content and colour agent content increasing on the colour coordinates was studied. The moisture content caused significant ($p = 0.05$) change in L^* , and h^o_{ab} colour values of Hungarian paprika powder samples. The colour of the powders with higher moisture content was darker red. The oil content increasing caused significant ($p = 0.05$) change in L^* , and h^o_{ab} colour values, too. The relationship was discussed between the colour agent content of paprika powders and their colour characteristics. The changes in the colour coordinates mixing paprika powder samples were analysed. The colour coordinates of the mixture of paprika powder samples can be determined as the averages of the colour coordinates weighted with the mass fractions of the samples contributing in the mixture. A process was described that makes it possible to determine the needed mass fractions of the basic samples in order to get the prescribed colour characteristics of the mixture.

MELLÉKLETEK

1. melléklet

Irodalomjegyzék

1. Acél, A.(1988): Application of overpressure layer chromatography in red pepper analysis. *Acta Alimentaria*, 17 37-41. p.
2. André, L., Varga, Zs. (1976): Két évjárat fűszerpaprika jellegmintáinak összehasonlító színvizsgálata. *Konzerv és Paprikaipar*, 5 171-174. p.
3. Almela, L., López-Roca, T., M., Candela, M., E., Alcázar, M., D. (1990): Separation and determination of individual carotenoids in *Capsicum* cultivars by normal-phase high performance liquid chromatography. *Journal Chromatography*, 502 95-106. p.
4. Bamforth C. (2000): Beer quality:color. *Brewer'-Guardian*, 129(9) 28-31. p.
5. Baranyi, M., Matus, Z., Szabolcs, J. (1982): Determination by HPLC of carotenoids in paprika product. *Acta Alimentaria*, 11 309-323. p.
6. Barbut, S. (1997): Occurance of pale soft exudative meat in mature turkey hens. *British Poultry Science*, 38(1) 74-77. p.
7. Barbut, S. (1997): Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. *British Poultry Science*, 38(4) 355-358. p.
8. Bálint, S. (1962): A szegedi paprika, Akadémia Kiadó, Budapest, 138. p.
9. Bergann, T., Schick, M. (1998): Significant relations:Colour measurement defines milk fat content. *Lebensmitteltechnik*, 30(6) 52-53. p.
10. Biacs, P., Daood H., Pavisa A., Hajdú F. (1989): Studies on carotenoid pigments of paprika (*capsicum annum* L. var sz-20), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37 350-353. p.
11. Biacs P.A., Czinkotai, B., Hoschke A. (1992): Factors affecting stability of coloured substances in paprika powders. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40 365-367. p.
12. Biacs, P.,A., Daood, H.,G., Huszka T., Biacs P.,K. (1993): Carotenoids and carotenoid esters from new cross-cultivars of paprika. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(11) 1864-1867. p.
13. Bianchi, M., Fletcher, A.: (2002): Effects of broiler breast meat thickness and background on color measurement. *Poultry Science*, 81(11) 1766-1769. p.
14. Biró, G. (2005): A "paprika-ügy" tanulságai. *Konzervújság*, 53 (1) 5-6. p.
15. Bojarska, U., Batura, J., Cierach, M. (2003): The effect of measurement site on the evaluation of tom breast muscle color. *Polish Journal of Food and nutrition Sciences*, 53 (4) 45-49. p.
16. Boronat M., Madrid R., Martinez A. (2002): Development of surface color in red pepper fruit varieties. Influence of substrates and low levels of phosphorus and potassium fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 25(4) 797-807. p.

17. Brosnan, T., Sun, D., W. (2002): Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems-a review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 26 193-213. p.
18. Calvo, C., Salvador, A. (1997): Measurement of the colour and transparency of gels application to fruit gels. *Food Hydrocolloids*, 11(4) 443-447. p.
19. Carbonell, J., V., Pinaga, F., Yusa, V., Pena, L. (1986): The dehydration of paprika With ambient and heated air and the kinetics of colour degradation during storage. *Journal of Food Engineering*, 5(3) 179-193. p.
20. Carballo, J., Mota, N., Barreto, G., Jiménez- Colmenero F. (1995): Binding properties and color of bologna sausage made with varying fat levels, protein levels and cooking temperatures. *Meat Science*, 41 301-313. p.
21. Chen, Q., Koh H., K., Park J., B. (1999): Color evaluation of red pepper powder. *Transactions of the Asae*, 42(3) 749-752. p.
22. Curl, A. (1962): The carotenoids of red bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 10 504-509. p.
23. Csicsirkó, Cs. (2003): Fűszerpaprika őrlmények csírátlánítására alkalmazott kezelések színre gyakorolt hatásának vizsgálata. *Konzervújság*, 49(1) 31-32. p.
24. Csonka, F., Váradi, G. (1906): A szegedi paprika és a szegedi paprika kereskedelem. Engel Lajos könyvnyomdája, Szeged
25. D'Egidio, M., Pagani, M. (1997): Effect of the different Stage of durum Wheat chain on pasta colour. *Italian Food & Beverage Technology*, 10 17-20. p.
26. Derera, N., F., Nagy, N., Hoxha, A. (2005): Condiment paprika research in Ausztralia. *Journal of Business Chemistry*, 2(1) 4-18. p.
27. Doymaz, I., Pala, M. (2002): Hot air drying characteristics of red pepper. *Journal of Food Engineering*, 55 331-335. p.
28. Drdak, M., Sorman, L., Zemkova, M., Schaller, A. (1980): Ergebnisse von Studien über den Zusammenhang zwischen Zusammensetzung und Farbe von gemahlenem Gewürzpaprika. *Confructa*, 25(3/4) 141-146. p.
29. Drdak, M., Greif, G., Kusy, P. (1989): Comparasion between the sensory and spectrophotometric method for determination of colour of paprika powder. *Nahrung*, 33(8) 737-742. p.
30. Dvorak, P., Musilova, H., Svarcova, I. (2001): On-line measurement of colour of pork. *Fleischwirtschaft*, 81(7) 89-91. p.
31. Erdei, I. (1987): A szegedi fűszerpaprika kutatás története. Szegedi Fűszerpaprika Tájkörzet Gazdasági Társasága és a Fűszerpaprika Kutatási Fejlesztési Társaság Kiadványa

32. Fekete, A., Felföldi, J., Firtha, F., Győri, E. (1996): Computer vision for fruit and vegetable quality assessment. ASAE Annual International Meeting, Konferencia-kiadvány : 1-5. p.
33. Fekete-Halász M., Kispéter J. (1996): Effect of irradiation on colour of ground red paprika. *Acta Alimentaria*, 25(2) 189-193. p.
34. Fekete, M., Beszédes, S., Záhonyiné-Racs, P., H.Horváth, Zs., Hodúr, C. (2003): A Trappista sajt érésének vizsgálata színméréssel. XXIX. Kolorosztikai Szimpózium, Eger, Konferencia CD
35. Felföldi, J., Firtha, F., Győri, E. (1994): Colour evaluation of fruit aided by PC-based vision system. *Journal of Food Physics*, 57 67-74. p.
36. Ferreira, V., L., P., Fernandes, S., V., Yotsuyanagi, K. (1994): The color of chicken and pork meat loaf with added cured bovine blood a evaluted by the Rab, Hunter Lab. L*, a*, b* and XYZ CIE systems. *Revista Espanola de ciencia y Tecnologia de Alimentos*, 34 311-322. p.
37. Fischer, C., Kocsis, J. (1987): Separation of paprika pigments by HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35 95-106. p.
38. Francis, F.,J., Clydesdale F., M. (1975): Food colorimetry: theory and applications. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 477. p.
39. Goda-Y., Nakamura, H., Sakamoto, S., Ishikawa, K., Maitani, T., Yamada, T. (1997): Photo stability of coloring constituents in paprika color. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 38(4) 240-247. p.
40. Gimeno, O., Ansorena, D., Astiasaran, I., Bello, J. (2000): Characterization of chorizo de pamloma: instrumental measurements of colour and texture. *Food Chemistry*, 69 195-200. p.
41. Gimeno, O., Astiasaran, I., Bello, J. (2001):Calcium ascorbate as a potential partial substitute for NaCl in dry fermented sausages effect on colour, texture and hygienic quality at different concentrations. *Meat Science*, 57(1) 23-29. p.
42. Gregory, G., K., Chen, T., S., Philip, T. (1987): Quntatitive analysis of carotenoids and carotenoids esters in fruit by HPLC:Red bell pepers. *Journal of food Science*, 52 1071-1073. p.
43. Halászné-Fekete, M., Záhonyoné-Racs, P., Hajdú, E. (1987): A fűszerpaprika őrlés fázisainak műszeres színmérési eredményei a KAGE gyárában. Fűszerpaprika Tudományos, Műszaki-Fejlesztési Nemzetközi Tanácskozás, Kalocsa, Konferencia Kiadvány, 482-488. p.
44. Halászné, N., (1988): Műszeres színmérés az élelmiszeranalitikában. Műszeres Analízis, Szerkesztette Gasztonyi K., 110-132. p.
45. Halászné-Fekete, M., Hatvaniné-Hunh, E. (1991): Vizsgálatok a kakaóporok objektív színminősítési rendszerének kidolgozásához. XXIII. Kolorosztikai Szimpózium, Balatonszépplak, Konferencia Kiadvány, 56-61. p.
46. Halász-Fekete, M., Hunh, E., Záhonyi-Racs P. (1994): Tristimulus measurement of ground paprika colour. *International Agrophysics*, 4 501-507. p.

47. Halászné-Fekete, M., Záhonyiné-Racs, P., Keleti, Á. (1995): Színmérések a durum darák tésztaipari minősítése céljából. XXV. Kolorosztikai Szimpózium, Ráckeve, Konferencia Kiadvány, 41-48. p.
48. Hernandez, B., Sáenz, C., Aberdi, C., Alfonso, S., Berrogui, M., Dineiro, M. (2004): Design and performance of a color chart based in digitally processed images for sensory evaluation of piquillo peppers (*Capsium annuum*). *Colour Research and Application*, 29 305-311. p.
49. Hornero-Méndez, D., Mínguez –Mosquera, M., I. (2001): Rapis spectrophotometric determination of red and yellow isochromic carotenoid fractions in paprika and red pepper oleoresins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8) 3584-3588. p.
50. Horváth, L., Kaffka, K. (1973): Fűszerpaprika őrlmények műszeres színmérése. *Mérés és Automatika*, 21(9) 341-348. p.
51. H. Horváth, Zs., Hudák, É., Fekete, M., Hodúr, C. (2004): Műszeres színmérés lehetősége fűszerpaprika őrlmények minőségellenőrzésében. XXIX. Kolorisztikai Szimpózium Konferencia CD, 15.
52. Horváth, Zs., Fekete, M., Lakatos, A. (2004): Instrumental Colour Measuring for weathen grits. Cercetarea Stiintifica O Punte Spre Integrarea Europeana Simpozionului Cu Participare Internationala, Arad, Analele, 83-88. p.
53. Hotti, A., S., Sidhu, J., Al- Sager, J. (2000) : Utility of CIE tristimulus system in measuring the objective crumb colour of high –fibre toast bread formulation. *Journal of Food Quality*, 23(1) 103-116. p.
54. Huszka, T., Szabó, J. (1968): Egyes fűszerpaprika őrlmények optimális összetételének meghatározása lineáris programozás alkalmazásával. *Konzerv és Paprikaipar*, 2 109-117. p.
55. Huszka, T., Sitkei, A., Horváth, Zs. (1983): Fűszerpaprika aromaanyagok gázkromatográfiás vizsgálata „head space” eljárással és főkomponens analízis alkalmazásával. *Élelmiszeripari Főiskola Tudományos Közlemények*, 11 83-97. p.
56. Huszka, T., Halászné-Fekete, M., Lukács, Gy. (1984): Fűszerpaprika őrlmények színtoleranciája. *Mérés és Automatika* 31(5) 193-297. p.
57. Huszka, T., Halászné, F., M., Horváth, Zs., Lukács, Gy. (1984): Számítógépes színrecept számítási eljárás fűszerpaprika őrlmények optimalizált előállítására. *Mérés és Automatika*, 32(5) 170-177. p.
58. Huszka, T., Halász-Fekete, M., Lukács, Gy. (1985): Colour Tolerance of Red-Pepper Powders. *Hungarian Scientific Instruments*, 60 43-47. p.
59. Huszka, T., Halászné, Horváth, M., Zs., Lukács, Gy. (1987): Színrecept optimalizálási eljárás kidolgozása fűszerpaprika őrlmények gyártására. Fűszerpaprika Tudományos, Műszaki-Fejlesztési Nemzetközi Tanácskozás, Kalocsa , Konferencia Kiadvány, 19-30. p.

60. Huszka, T., Véha, A. (1987): Aprítástechnológiai vizsgálatok a fűszerpaprika őrlés során. Fűszerpaprika Tudományos, Műszaki- Fejlesztési Nemzetközi Tanácskozás, Kalocsa, Konferencia Kiadvány, 309-323. p.
61. Huszka, T., Horvath, Zs., Halász-Fekete, M., Véha, A., Gyimes, E. (1990): Computer aided quality planning and production control of red-pepper powders. 4th European Seminar of the EOQ Food Section, Berlin, Proceedings, 176-178. p.
62. Ibrahim, H.,M.,A., Ragab, G., H., Moharram, H., A. (1997): Paprika color quality:Effect of air and natural drying treatments. *Grasas Y Aceites*, 48(4) 200-206. p.
63. Isidoro, E., Cotter, D., J., Fernandez, G., C., J., Southward, G., M. (1995): Color retention in red chile powder as related to delayed harvest. *Journal of Food Science*, 60(5) 1075-1077. p.
64. Joubert, E.(1996): Tristimulus colour measurement of rooibos as an objective quality parameter. *International journal of Food Science &Technology*, 30(8) 783-792. p.
65. Jun, H.,L., Young, H., C. (2000):Color changes in clarified fruit and vegetable juices by mixing rations. *Journal of Food Science and Nutrition*, 5(4) 197-199. p.
66. Kanner, J., Harel, S., Paevitch, D., Ben-Gera, I. (1977): Colour retention in sweet red paprika (*Capsium annuum* L.) powder as affected by moisture contents and ripening stage. *Journal of Food technology*, 12 59-64. p.
67. Kemény S., Deák A. (2002): Kísérletek tervezése és értékelése, Műszaki kiadó, Budapest, 492.p.
68. Kim, S., Park, J., B., Hwang, I., K. (2002): Quality attributes of various verieties of Korean red pepper podwer (*Capsicum annum* L.) and colour stability during sunlight exposure. *Journal of Food Science*, 67(8) 2957-2961. p.
69. Kispéter, J., Bajúsz-Kabók, K., Fekete, M., Szabó, G., Fodor, E., Páli, T. (2003): Changes induced in spice paprika powder by treatment with ionizing radiation and saturated stream. *Radiation Physics and Chemistry*, 68 893-900. p.
70. Kocsis, N., Márkus, F., Mednyánszky, Zs., Amtmann, M., Korányi, K. (2003): Recognition experiments of the vitage year 1997 hot and red paprika (*Capsicum annum*) varieties grown in Kalocsa. *Acta Alimentaria*, 32(1) 63-75. p.
71. Korányi, K., Amtmann, M. (1997): Gas chromatogaphy/mass spectronetry measurements in the investigation of pepper aroma structures RMC. *Acta Alimentaria*, 11 686-690. p.
72. Korányi, K., Mednyánszky, Zs., Amtmann, M. (2000): Preliminary results of a recognition method visualizing the aroma and fragrance features. *Acta Alimentaria*, 29 187-198. p.
73. Krajayklang, M., Klieber, A., Dry P., R. (2000): Clour at harvest and post-harvest behaviour influence paprika and chilli spice quality. *Postharvest Biology and Technology*, 20 269-278. p.

74. Lancaster, J., E., Lister, C., E., Reay, P., F., Triggs, C., M. (1997): Influence of pigment composition on skin colour in wide range of fruit and vegetables. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122(4) 594-598. p.
75. Landron de Guevara, R., G., Pardo-Gonzalez, J., E., Varon-Castellanos, R., Navarro-Albaladejo F. (1996): Evolution of color during the ripening of selected varieties of paprika pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(8) 2049-2052. p.
76. Landron de Guevara, R., G., Gonzalez, M., Garcia-Meseguer, M., J., Nieto, J., M., Amo, M., Varon, R. (2002): Effect of adding natural antioxidants on colour stability of paprika, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82 (9) 1061-1069. p.
77. Laskayné, Bíró, A. (1987): A fűszerpaprika színanyagainak változása hő hatására. Fűszerpaprika Tudományos, Műszaki- Fejlesztési Nemzetközi Tanácskozás, Kalocsa, Konferencia Kiadvány, 280-290. p.
78. Lease, J., G., Lease, E., J. (1956): Factors affecting the retention of red colour in peppers. *Food technology*, 10 368-373. p.
79. Lease, J., G., Lease, E., J. (1962): Effect of drying conditions on initial color, color retention and pungency of red peppers. *Food Technology*, 16 104-106. p.
80. Lee, D., S., Chung, S., K., Yam, K., I. (1992) Carotenoid loss in dried red pepper products. *International Journal of Food Science and Technology*, 27(2) 179-185. p.
81. Licsev, J., Manueljan, H. (1987): A fűszerpaprika őrlemény festéktartalmának változása a tárolás során. Fűszerpaprika Tudományos, Műszaki- Fejlesztési Nemzetközi Tanácskozás, Kalocsa, Konferencia Kiadvány, 436-446. p.
82. Lopez, A., Pique, M., Boatella, J., Romero, A., Ferran, A., Garcia, J. (1997): Influence of drying conditions the hazelnut quality. *Drying Technology*, 15(3/4) 989-1002. p.
83. Lozano, M., Montero-de-Espinosa, V., Ayuso, M., C., Bernaie, M., J., Garcia, M., I., Martinez, M., Perez, M. (2003): Studies on colour of five varieties of round peppers for manufacture of paprika, cultivated in Extremadura. *Alimentaria*, 14 89-92. p.
84. Lukács Gy. (1982) Színmérés. Műszaki Kiadó, Budapest, 341. p.
85. Luning, P., A., Ebbendorst-Seller, T., Ruk, T. (1995): Effect of hot air drying on flavour compounds of bell pepper. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 68 355-365. p.
86. Madrid, R., Navarro, F., Collados, I., Egea, C., Alarcon, A., L. (1999): Development of colour in red pepper fruits in soilless culture. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74 (2) 175-180. p.
87. Márkus, F., Daoud, H., G., Kapitány, J., Biacs, P., A. (1999): Change in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a function of ripening and some technological factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(1) 100-107. p.

88. Márkus, F., Kapitány, J. (2001): A fűszerpaprika termesztése és feldolgozása. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 112. p.
89. McLaren, K. (1982): CIELab Hue-Angle Anomalies at Low Tristimulus Ratios. *Colour Research and Application*, 5 139-143. p.
90. Mendoza, F., Dejmek, P., Aguilera, J., M. (2006): Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 41 285-295. p.
91. Meszéna, Gy., Ziermann, M. (1981): Valószínűségelmélet és matematikai statisztika. Közgazdasági és Jogi Kiadó, 554. p.
92. Mezőgazdasági Statisztikai Évkönyv 1999 (2000), Központi Statisztikai Hivatal
93. Mezőgazdasági Statisztikai Évkönyv 2002 (2003), Központi Statisztikai Hivatal
94. Mezőgazdasági Statisztikai Évkönyv 2003 (2004), Központi Statisztikai Hivatal
95. Mezőgazdasági Termelés 2004, Központi Statisztikai Hivatal
96. Minguez-Mosquera, M., I., Garido-Fernandez, J., Pereda-Marín, J. (1984): Paprika (*Capsium Annuum*). Ratio between the red and yellow carotenoid pigments. *Grasas Aceites*, 35 4-10. p.
97. Minguez-Mosquera, M., I., Jarén-Galán, M., Garrido-Fernández, J. (1992): Color quality in paprika. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40 2384-2388. p.
98. Minguez-Mosquera M., I., Hornero-Mendez, D. (1993): separation and quantification of the carotenoid pigments in red peppers (*Capsicum annum* L.) paprika and oleoresin by reversed phase HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41 1616-1620. p.
99. Minguez-Mosquera M., I., Hornero-Mendez, D. (1994): Comparative study of the effect of paprika processing on the carotenoids in peppers (*Capsicum annum*) of the Bola and Agridulce varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(7) 1555-1600. p.
100. Minguez-Mosquera M., I., Perez-Galvez, A. (1997): Color quality in paprika oleoresins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (12) 5124-5127. p.
101. Minguez-Mosquera, M., I., Perez-Galvez, A., Garrodo-Fernandez, J. (2000): Carotenoid content of the varieties Jaranda and Jariza (*Capsicum annum* L.) and response during the industrial slow drying and grinding steps in paprika processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(7) 2972-2976. p.
102. Morais, H., Rodrigues, P., Ramos, C., Forgacs, E., Cserhádi, T., Oliveira, J. (2002): Effect of ascorbic acid on the stability of beta-carotene and capsanthin in paprika (*Capsicum annum*) powder. *Nahrung-Food*, 46(5) 308-310. p.
103. MSZ 9681-1: 2002 A fűszerpaprika-őrlemény vizsgálata. Az őrlési finomság meghatározása
104. MSZ 9681-2:1984 A fűszerpaprika-őrlemény vizsgálata. Érzékszervi vizsgálat
105. MSZ 9681-3:2002 A fűszerpaprika-őrlemény vizsgálata. A víztartalom meghatározása

- 106.MSZ 9681-4:2002 A fűszerpaprika-őrlemény vizsgálata. A kapszaicintartalom meghatározása nagy felbontású folyadékkromatográfiás módszerrel
- 107.MSZ 9681-5:2002 A fűszerpaprika-őrlemény vizsgálata. Az összes színezéktartalom meghatározása
- 108.MSZ 9681-6: 2002 Az összes növényi olajtartalom meghatározása
- 109.Navarro, F., Costa, J. (1993): Evalution of Paprika Pepper Color by Trisestimulus Colorimerty. *Revista Espanola de Ciencia y Tecnologia de Alimentos*, 33(4) 427-434. p.
- 110.Neumüller, O., A. (198): Römp vegyészeti lexikon, Műszaki Kiadó, Budapest, 1054. p.
- 111.Németh-Kiss, V., Cserhádi, T., Forgács, E., Holló, J., Mota, T., P. (1996): Stability of pigments of paprika (*Capsium Annuum*) powders during various processsing steps. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 5: 81-87. p.
- 112.Nieto-Sandoval J., M., Fernandez-Lopez, J., A., Almela, L., Munoz, J., A. (1999): Dependence between apparent color and extractable color in paprika. *Color Research and Application*, 24(2) 93-97. p.
- 113.Nieto-Sandoval J., M., Almela, L., Fernandez-Lopez J., A., Munoz, J., A. (2000): Effect of electron beam irradiation on color and microbial bioburden of red paprika. *Journal of Food Protection*, 63(5) 633-637. p.
- 114.Okos, M., Csorba, T., Szabad, J. (1990): The effect of paprika seed onthe stability of the red colour of ground paprika. *Acta Alimentaria*, 19(1) 79-86. p.
- 115.Oliver, J., Blakeney A., Allen H. (1993): The colour of fluor strems related to ash and pigment contents. *Journal of Cereal Science*, 17(2) 169-182. p.
- 116.Orr, P., Janardan, K. (1990): A produce to correlate color measuring system using potato chip samples. *American Potato Journal*, 67(9) 647-654. p.
- 117.O'Sullivan, M., G., Byrne, D., V., Martens, H., Gidskehaug, L., H., Andersen, H., J., Martens, M. (2003): Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis. *Meat Science*, 65(2) 909-918. p.
- 118.Osuana-Garcia, J., A., Wall, M., M., Waddell, C., A. (1997): Natural antioxidants for preventing color loss in stored paprika. *Journal of Food Science*, 62(5) 1017-1021. p.
- 119.Palevitch, D., Harel, S., Kanner, J., Ben-Gera, I. (1975): The effects of pre-harvest dehydration on composition of once-over harvested sweet paprika. *Scientia Horticulturae*, 2(3) 143-148. p.
- 120.Pálmai, A. (2002):A minőségügyi rendszer továbbfejlesztése az ISO 9001:2000-es szabvány követelményei szerint a Szegedi Paprika Rt-nél. *Konzervítség*, 50 (1) 15-16. p.
- 121.Pardon-Gonzalez, J., E., Martinez-Mateo, M., Varon-Castellanos, R., Amo-Saus, M., Guevara-Gomez-Landron, R. (1997): Evaluation of the quality of paprika from selected varatiees of capsicums (*Capsicum annuum* L.). *Alimentaria* 8 81-84. p.

122. Pénzes I. (1967): A magyar fűszerpaprika termesztésének természeti és gazdasági földrajzi alapjai, Akadémiai Kiadó, 290. p.
123. Perez-Galvez, A., Garrido-Fernández, J., Minguez-Mosquera, I. (1999): Participation of pepper seed in stability of paprika carotenoids. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 76(129) 1449-1454. p.
124. Perez-Galvez, A., Minguez-Mosquera, M., I., Garrido-Fernández, J., Lozano-Ruiz, M., M., Montero-de-Espinosa, V. (2004): Correlation between ASTA units-carotenoid concentration in paprika. Prediction of color stability during storage. *Grasas Y Aceites*, 55(3) 213-218. p.
125. Perez-Galvez, A., Rios, J., J., Minguez-Mosquera M., I. (2005): Thermal degradation products formed from Carotenoids during a heat-induced degradation process of paprika oleoresins (*apsicum annum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(12) 4820-4826. p.
126. Pribis, V., Svrzic, G. (1995): Application of modern color system in investigation of color changes in fermented sausages during production. *Fleischwirtschaft*, 75(6) 819-821. p.
127. Pillis, L. (1987): Főbb tendenciák a fűszerpaprika nemzetközi kereskedelmében. Fűszerpaprika Tudományos, Műszaki- Fejlesztési Nemzetközi Tanácskozás, Kalocsa, Konferencia Kiadvány, 32-40. p.
128. Qingchun-Chen, Hak-Kyun-Koh, Jae-Bok-Park (1999): Color evaluation of red pepper powder. *Transaction-of-the-ASAE*, 42(3): 749-752
129. Ramesh, M., Wolf, W., Tevini, D., Jung, G. (2001): Influence of processing parameters on drying of spice paprika. *Journal of Food Engineering*, 49: 63-72. p.
130. Reverte, S., Carbonell-Barrachina, A., A., Giménez J., L., Carvajal, M. (2000): Colour content and stability in red pepper as affected by cultivar, harvest time, and titanium spray. *Acta Alimentaria*, 29(1) 9-23. p.
131. Rodrigues, P., Morais, H., Mota, T., Olivera, S., Forgács, E., Cserhádi, T. (1999a): Effect of storage conditions the stability of pigments of paprika (*Capsium Annuum*) studied by HPLC and multivariate methods. *Acta Alimentaria*, 28 29-38. p.
132. Rodrigues, P., Morais, H., Mota, T., Olivera, S., Cserhádi, T., Forgács, E. (1999b): Inclusion of standard deviation of data spectral mapping. A case study. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 46 93-98. p.
133. Rossi, M., Gianazza, M., Alamprese, C., Stanga F. (2001): The effect of bleaching and physical refining on color and minor components of palm oil. *Journal of the American Oil Chemistry Society*, 78(10) 1051-1055. p.
134. Sandusky, C., Heath, J. (1996): Effect of background color sample thickness, and illuminant on measurement of broiler meat color. *Poultry Science*, 38(1) 74-77. p.

135. Sharpe, F., Garvey, T., Pyne, N. (1992): The measurement of beer and wort colour –a new approach. . *Journal of the Institute of Brewing*, 98(4) 321-324. p.
136. Shin, J., H., Chung, H., L., Seo, J., K., Sim., J., H., Huh, C., S., Kim, S., K., Beak, Y., J. (2001): Degradation kinetics of capsanthin in paprika (*Capsicum annuum* L.) as affected by heating. *Journal of Food Science*, 66(1) 15-19. p.
137. Simal, S., Garau, C., Femenia, A., Rosselló, C. (2005): Drying of red pepper (*Capsicum Annum*): water desorption and quality. *International Journal of Food Engineering*, 1(4) Article 1.
138. Smedley, S. (1995): Discrimination between beers with small colour differences using the CIELAB colour space. *Journal of the Institute of Brewing*. 101(3) 195-201. p.
139. Somos A.(1985): A paprika. Akadémiai Kiadó, 386. p.
140. Statisztikai Évkönyv 1981 (1981), Központi Statisztikai Hivatal
141. Sváb, J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 557.o
142. Szenes, E. (1996): Fűszerpaprika-örlemény gyártása kisüzemben ; Ételízesítők ; Hidegen sajtolt olajok. Integra-Projekt Kiadó, Budapest, 219. p.
143. Szűcs, K. (1975): A fűszerpaprika termesztése és feldolgozása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 281. p.
144. Tteixeira, A., Batista, S., Delfa, R., Cadavez, V. (2005): Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. *Meat Science*, 71(3) 530-536. p.
145. Turhan, M., Turkaan, K., N., Sahbaz, F. (1997): Drying kinetics of red pepper. *Journal of Food Process and Preservation*, 21 209-223. p.
146. Van-Oeckel, M., J., Warnants, N., Boucque, C., V. (1999): Measurement and prediction of pork colour. *Meat Science*, 52(4) 347-354. p.
147. Varon, R., Diaz, F., Pardo, J., E., Gomez., R. (2000): A mathematical model for colour loss in paprikas containing differing proportions of seed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 739-744. p.
148. Vastag, J. (2003): Az utóérlelt paprika színanyaga megduplázódhat. *Biokultúra*, (14) 5: 8-9. p.
149. Vinkler, M., Richter, K.(1972): A thin layer chromatographic method to determine the pigment content (components) in the pericarp of paprika. *Acta Alimentaria*, 1 41-58. p.
150. Vízahányó, T., Felföldi, J. (2000): Enhancing colour differences in images of diseased mushrooms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 26 187-198. p.
151. Zachariev, Gy., Kiss, I., Kalmár, P. (1987): Fűszerpaprika örlemények színezéktartalmának tárolási stabilitása. Fűszerpaprika Tudományos, Műszaki- Fejlesztési Nemzetközi Tanácskozás, Kalocsa, Konferencia Kiadvány, 266-279. p.

- 152.Zafrilla, P., Valero, A., Garcias-Viguera, C. (1998): Stabilization of strawberry jam colour with natural colorants. *Food Science and Technology International*, 4(2) 99-105. p.
- 153.Zana, J. (2003): Gyümölcsök színtani értékelése. XXIX. Kolorosztikai Szimpózium, Eger, Konferencia CD
- 154.Zechmeister, L., Chohnoky, L. (1931): Untersuchungen über den Paprika-Farbstoff Natürliche and synthetische Ester des Capsanthin. *Liebigs Ann*, Leipzig

2. melléklet A műszer ismétlőképességének mérési adatai

	L*	a*	b*
1. sorozat	32,91	18,77	18,19
	32,82	18,98	18,32
	32,92	18,60	18,20
	32,77	18,92	18,52
	32,82	19,00	18,14
	32,83	18,77	18,27
	32,86	18,90	18,18
	32,85	18,83	18,17
	32,82	18,88	18,29
	32,80	18,97	18,23
2. sorozat	33,22	19,36	18,52
	33,33	19,14	18,40
	33,31	19,38	18,22
	33,14	19,44	18,44
	33,31	19,23	18,22
	33,15	19,29	18,77
	33,31	19,25	18,28
	33,26	19,40	18,34
	33,33	19,22	18,35
	33,36	19,06	18,37
3. sorozat	33,28	19,29	18,86
	33,32	19,16	18,85
	33,32	19,24	18,71
	33,34	19,01	19,00
	33,32	19,18	18,85
	33,19	19,52	18,75
	33,25	19,42	18,72
	33,28	19,23	18,98
	33,28	19,31	18,75
	33,27	19,29	18,88
4. sorozat	33,55	18,66	19,21
	33,52	18,82	19,29
	33,43	19,11	19,26
	33,48	18,98	19,22
	33,47	18,95	19,20
	33,51	18,85	19,22
	33,47	18,87	19,25
	33,28	19,07	19,06
	33,31	19,01	19,13
	33,30	19,05	19,22
5. sorozat	33,28	18,90	19,20
	33,20	19,22	19,09
	33,17	19,08	19,23
	33,25	18,97	19,06
	33,11	19,24	19,16
	33,23	19,07	19,04
	33,20	19,14	19,12
	33,18	19,21	19,01
	33,17	19,26	18,91
	33,23	18,97	19,09

	L*	a*	b*
6. sorozat	32,87	19,50	19,36
	33,01	19,18	19,09
	33,03	18,98	19,14
	33,02	19,07	19,14
	33,03	18,98	19,22
	32,97	19,24	19,17
	33,00	19,21	19,13
	33,00	19,05	19,22
	32,96	19,29	19,11
	32,95	19,40	19,05
7. sorozat	32,23	18,70	16,68
	32,14	18,64	17,05
	32,21	18,52	16,80
	32,27	18,31	16,85
	32,24	18,46	16,73
	32,22	18,56	16,73
	32,20	18,57	16,68
	32,16	18,67	16,67
	32,25	18,37	16,74
	32,28	18,21	16,83
8. sorozat	32,35	18,31	17,16
	32,34	18,35	17,07
	32,31	18,53	17,00
	32,34	18,33	17,05
	32,34	18,44	17,07
	32,30	18,43	17,02
	32,31	18,43	17,14
	32,23	18,47	17,26
	32,30	18,54	16,97
	32,34	18,30	17,14
9. sorozat	32,50	18,63	16,99
	32,51	18,55	17,04
	32,50	18,51	16,96
	32,50	18,59	17,03
	32,54	18,42	17,08
	32,51	18,58	17,01
	32,48	18,73	16,87
	32,48	18,66	16,96
	32,46	18,68	16,93
	32,46	18,74	16,96

3. melléklet Az azonos szemcseméretű őrleményeken végzett ismétlőképesség mérés adatai

Szemcseméret	L*	a*	b*
125-250 µm	35,62	16,66	20,95
	35,50	16,99	21,27
	35,25	16,82	21,12
	35,63	17,04	21,21
	35,57	16,77	21,24
	35,87	17,05	21,54
	35,57	16,83	21,19
	35,10	16,72	20,50
	35,67	17,17	21,68
	36,09	17,16	21,63
250-315 µm	36,45	17,28	22,04
	37,00	16,95	21,97
	36,57	17,02	22,05
	37,06	17,24	22,29
	36,95	17,26	22,41
	37,03	16,96	22,19
	36,99	17,21	22,42
	37,20	17,08	21,98
	37,18	16,72	21,81
	37,22	16,62	21,27
315-400 µm	38,63	18,45	25,88
	38,28	18,07	25,12
	38,60	18,62	26,05
	38,63	18,40	25,80
	38,79	18,30	25,29
	38,59	18,24	25,36
	38,83	18,38	25,59
	39,04	18,01	25,10
	39,25	18,01	25,22
	39,34	18,22	25,64
315-400 µm	33,50	19,78	16,12
	33,61	19,75	16,49
	33,31	19,76	16,54
	33,63	19,81	16,24
	33,60	19,69	16,25
	33,72	19,09	15,84
	33,51	19,44	16,08
	34,08	19,63	15,81
	33,93	18,82	15,69
	34,16	19,62	15,93

Szemcseméret	L*	a*	b*
400-500 µm	32,72	19,82	16,63
	32,65	19,57	17,00
	33,31	19,74	17,18
	32,61	19,84	17,55
	32,97	19,38	17,80
	32,95	19,27	17,48
	32,49	19,50	16,95
	33,23	19,26	16,97
	33,10	19,40	17,18
	33,36	18,96	16,73
400-500 µm	34,61	18,26	19,91
	34,50	17,62	18,83
	34,66	18,10	19,32
	34,86	17,90	18,61
	34,70	18,06	19,23
	34,32	17,81	18,96
	34,39	17,78	18,96
	34,46	17,83	19,25
	34,46	18,34	18,67
	34,29	18,14	18,79

4. melléklet Az örleményeken végzett ismétlőképesség mérés adatai

	L*	a*	b*
magyar1	32,51	20,48	18,81
	32,76	20,18	17,32
	32,64	19,85	17,63
	32,54	20,35	17,58
	32,53	20,69	17,67
	32,62	20,19	17,50
	32,74	20,14	18,32
	32,51	20,68	18,25
	32,42	20,48	18,57
	32,91	20,54	18,25
magyar2	35,85	17,33	23,14
	36,14	17,27	22,84
	35,91	17,53	22,81
	35,96	17,66	23,36
	35,54	17,36	22,81
	35,65	17,70	23,19
	36,08	17,35	22,82
	35,59	17,36	22,13
	35,84	16,97	22,73
	36,12	17,20	22,71
magyar3	34,12	22,00	20,12
	34,24	21,68	20,25
	33,86	21,72	20,15
	33,92	21,78	19,40
	34,09	21,49	20,44
	33,99	21,69	19,64
	33,87	21,96	20,40
	33,68	21,76	20,08
	34,31	21,69	19,99
	34,09	21,29	20,03
magyar4	34,38	21,93	21,30
	34,60	21,80	21,01
	34,50	21,71	20,88
	34,77	21,57	21,37
	34,60	22,10	22,23
	34,26	21,98	21,85
	34,74	21,53	21,73
	34,69	22,17	22,12
	34,43	22,12	22,18
	34,90	21,73	22,00
magyar5	32,82	16,37	19,38
	32,89	16,15	18,61
	32,53	16,57	19,04
	32,84	16,73	18,99
	32,78	16,51	18,82
	32,45	16,56	19,10
	32,92	17,05	19,78
	32,75	16,83	18,54
	33,03	16,22	18,62
	32,66	16,75	19,29

	L*	a*	b*
magyar6	33,83	19,87	15,72
	33,57	19,84	16,03
	33,92	20,03	16,08
	34,19	19,46	15,96
	33,96	19,85	16,74
	33,55	19,58	16,03
	33,74	19,49	16,02
	33,88	19,48	15,76
	34,02	19,28	15,62
	33,96	19,43	15,48
magyar7	33,37	18,57	13,61
	32,99	19,33	14,69
	32,60	19,23	14,57
	32,87	19,10	14,74
	33,20	18,83	14,48
	32,97	19,07	14,69
	32,83	18,95	15,07
	32,97	19,19	15,22
	33,10	18,57	14,44
	33,19	18,37	13,57
dél-afrikai1	34,39	19,65	14,79
	34,47	19,56	14,83
	34,05	19,81	14,57
	34,32	19,39	14,21
	34,23	19,34	14,58
	34,18	19,58	14,52
	33,98	19,30	14,75
	34,28	19,10	14,46
	33,79	18,99	14,10
	34,20	19,43	14,50
dél-afrikai2	29,99	19,74	9,24
	30,01	19,83	8,88
	29,75	19,08	8,99
	29,92	19,49	9,16
	29,71	19,65	9,39
	29,66	19,67	9,22
	29,88	19,13	9,11
	29,96	18,83	9,14
	29,73	18,91	8,90
	29,88	18,90	9,40
brazil	33,68	19,00	15,54
	33,70	18,92	15,65
	33,81	19,01	15,90
	33,99	18,82	15,79
	34,13	18,71	15,87
	34,31	18,63	15,61
	34,46	18,11	15,39
	34,57	18,28	15,16
	34,72	18,43	15,65
	34,46	18,56	16,03

5. melléklet Az ugyanazon mintán végzett 10 és 3 párhuzamos mérés szórás értékei és az ezekből számított F értékek

Minta	10 mérés szórása			3 mérés szórása			F-érték		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
125-250 µm	0,279	0,184	0,347	0,189	0,165	0,160	2,19	1,24	4,71
250-315 µm	0,259	0,228	0,337	0,289	0,174	0,044	1,25	1,73	59,68
315-400 µm	0,327	0,201	0,335	0,194	0,282	0,495	2,85	1,96	2,18
315-400 µm	0,271	0,332	0,286	0,152	0,015	0,229	3,18	471,85	1,56
400-500 µm	0,311	0,279	0,370	0,363	0,128	0,280	1,36	4,77	1,74
400-500 µm	0,180	0,231	0,388	0,082	0,333	0,541	4,86	2,07	1,94
1.sorozat	0,047	0,123	0,110	0,055	0,190	0,072	1,39	2,39	2,33
2.sorozat	0,077	0,121	0,163	0,059	0,133	0,151	1,75	1,21	1,16
3.sorozat	0,044	0,140	0,103	0,023	0,066	0,084	3,59	4,59	1,50
4.sorozat	0,099	0,138	0,066	0,062	0,228	0,040	2,52	2,75	2,70
5.sorozat	0,048	0,128	0,094	0,057	0,160	0,074	1,39	1,56	1,63
6.sorozat	0,049	0,175	0,087	0,087	0,262	0,144	3,16	2,25	2,71
7.sorozat	0,045	0,162	0,115	0,047	0,092	0,189	1,12	3,12	2,69
8.sorozat	0,036	0,087	0,087	0,021	0,117	0,080	2,93	1,80	1,18
9.sorozat	0,025	0,100	0,060	0,006	0,061	0,040	18,13	2,68	2,23
magyar1	0,148	0,267	0,510	0,125	0,315	0,786	1,40	1,39	2,38
magyar2	0,218	0,216	0,336	0,153	0,136	0,182	2,02	2,52	3,39
magyar3	0,191	0,206	0,321	0,194	0,174	0,068	1,04	1,39	22,18
magyar4	0,197	0,230	0,495	0,110	0,111	0,215	3,19	4,33	5,31
magyar5	0,178	0,279	0,392	0,191	0,210	0,386	1,15	1,76	1,03
magyar6	0,198	0,246	0,346	0,182	0,102	0,195	1,19	5,82	3,15
magyar7	0,219	0,325	0,541	0,385	0,413	0,592	3,10	1,62	1,20
dél-afrikai1	0,202	0,249	0,236	0,223	0,127	0,140	1,21	3,87	2,85
dél-afrikai2	0,127	0,391	0,181	0,145	0,410	0,184	1,31	1,10	1,04
brazil	0,376	0,306	0,257	0,070	0,049	0,184	28,87	38,48	1,94

6. melléklet A minta párok vizuális összehasonlításának eredménye, a színkoordinátaikból számított színinger különbség és színkoordináta különbség értékek

vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $
1	0,21	0,14	0,13	0,09
1	0,23	0,03	0,09	0,20
1	0,26	0,07	0,11	0,22
1	0,32	0,15	0,12	0,26
1	0,33	0,22	0,18	0,17
1	0,34	0,00	0,01	0,34
1	0,35	0,06	0,07	0,34
1	0,36	0,14	0,21	0,25
1	0,43	0,35	0,24	0,08
1	0,45	0,43	0,13	0,02
1	0,47	0,31	0,35	0,08
1	0,47	0,45	0,06	0,15
1	0,48	0,37	0,30	0,09
1	0,53	0,37	0,28	0,25
1	0,55	0,20	0,42	0,30
1	0,55	0,14	0,42	0,33
1	0,58	0,41	0,31	0,26
1	0,58	0,17	0,32	0,45
1	0,58	0,17	0,32	0,45
1	0,58	0,22	0,17	0,51
1	0,59	0,09	0,02	0,58
1	0,59	0,58	0,07	0,06
1	0,60	0,25	0,50	0,22
1	0,62	0,19	0,25	0,53
1	0,62	0,19	0,25	0,53
1	0,62	0,50	0,12	0,34
1	0,63	0,09	0,18	0,60
1	0,63	0,06	0,00	0,63
1	0,64	0,31	0,36	0,42
1	0,68	0,31	0,36	0,48
1	0,68	0,63	0,13	0,23
1	0,69	0,54	0,15	0,39
1	0,70	0,66	0,04	0,25
1	0,70	0,66	0,04	0,25
1	0,72	0,37	0,56	0,25
1	0,74	0,72	0,06	0,17
1	0,74	0,72	0,06	0,17
1	0,74	0,72	0,04	0,17
1	0,77	0,44	0,49	0,39
1	0,85	0,13	0,84	0,08
1	0,95	0,77	0,54	0,09
1	0,86	0,56	0,25	0,60
1	0,90	0,61	0,63	0,19
1	0,93	0,52	0,56	0,53
1	0,94	0,64	0,06	0,69
1	0,98	0,89	0,31	0,27
1	0,98	0,78	0,39	0,45
1	0,97	0,12	0,45	0,85
1	0,94	0,50	0,06	0,78
1	0,93	0,52	0,56	0,53
1	0,88	0,58	0,63	0,19
1	0,85	0,56	0,21	0,60
1	0,85	0,77	0,34	0,09
1	0,85	0,10	0,84	0,08

vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $
1	0,85	0,10	0,84	0,08
1	0,85	0,77	0,34	0,09
1	0,85	0,56	0,21	0,60
1	0,88	0,58	0,63	0,19
1	0,93	0,52	0,56	0,53
1	0,93	0,50	0,06	0,78
1	0,94	0,64	0,06	0,69
1	0,97	0,89	0,28	0,27
1	0,97	0,78	0,39	0,43
1	0,97	0,12	0,45	0,85
1	0,98	0,53	0,08	0,82
1	0,98	0,53	0,08	0,82
1	0,99	0,45	0,47	0,74
1	0,99	0,45	0,47	0,74
1	1,00	0,70	0,47	0,53
1	1,01	0,75	0,16	0,66
1	1,04	0,64	0,54	0,63
1	1,05	0,36	0,08	0,98
1	1,05	0,36	0,08	0,98
1	1,06	0,65	0,55	0,62
1	1,06	0,60	0,86	0,12
1	1,06	0,06	0,74	0,75
1	1,07	0,88	0,54	0,28
1	1,08	0,52	0,11	0,94
1	1,10	0,64	0,54	0,71
1	1,10	0,53	0,76	0,59
1	1,11	0,12	0,68	0,87
1	1,11	0,89	0,27	0,61
1	1,11	0,89	0,27	0,61
1	1,12	0,85	0,70	0,20
1	1,12	0,76	0,80	0,17
1	1,12	0,56	0,22	0,94
1	1,13	0,67	0,45	0,79
1	1,13	0,77	0,38	0,72
2	1,13	0,61	0,72	0,62
1	1,13	0,01	0,43	1,04
1	1,14	0,25	0,07	1,11
1	1,14	0,25	0,07	1,11
1	1,15	1,11	0,28	0,12
1	1,16	0,56	0,46	0,90
1	1,16	0,15	1,02	0,54
2	1,16	0,72	0,62	0,68
1	1,18	0,89	0,11	0,77
2	1,19	0,10	0,32	1,14
1	1,19	0,50	0,40	1,00
1	1,19	0,57	0,85	0,61
1	1,19	1,14	0,18	0,32
1	1,21	0,11	0,06	1,20
1	1,21	0,21	0,27	1,16

vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $
1	1,21	0,60	0,13	1,05
2	1,23	1,09	0,46	0,36
1	1,24	0,24	0,43	1,14
1	1,24	0,24	0,43	1,14
1	1,24	0,64	0,54	0,92
2	1,25	1,21	0,32	0,02
1	1,26	0,96	0,76	0,31
1	1,27	0,93	0,50	0,69
1	1,27	0,75	0,89	0,51
1	1,28	0,11	0,42	1,20
1	1,29	0,86	0,31	0,91
1	1,30	0,70	0,60	0,92
1	1,31	0,59	0,16	1,16
1	1,31	0,53	0,37	1,14
1	1,31	0,71	0,32	1,06
1	1,32	0,51	0,04	1,21
1	1,33	0,34	0,41	1,22
1	1,35	1,08	0,03	0,81
1	1,35	0,35	0,13	1,30
1	1,35	0,85	0,75	0,74
1	1,35	1,25	0,02	0,53
2	1,36	1,03	0,67	0,57
1	1,36	0,76	0,09	1,13
1	1,37	0,81	0,71	0,85
1	1,37	0,46	0,18	1,28
1	1,39	0,95	0,85	0,56
1	1,40	0,83	0,46	1,03
1	1,40	0,93	0,83	0,63
1	1,40	0,87	0,77	0,78
1	1,40	1,00	0,48	0,86
1	1,41	1,35	0,03	0,39
1	1,41	0,87	0,77	0,80
1	1,41	0,52	0,28	1,28
1	1,43	1,34	0,00	0,50
2	1,44	0,62	0,62	1,14
2	1,44	0,70	0,01	1,26
2	1,45	1,21	0,62	0,52
1	1,45	0,31	1,07	0,94
1	1,46	0,87	0,57	1,03
1	1,47	0,91	0,81	0,81
1	1,47	0,92	0,74	0,88
2	1,47	1,30	0,66	0,20
1	1,49	0,97	0,53	0,99
1	1,51	0,42	0,40	1,39
1	1,51	0,42	0,40	1,39
2	1,52	1,28	0,26	0,77
2	1,54	0,85	1,26	0,22
2	1,54	0,63	0,10	1,40
3	1,54	1,47	0,13	0,44

6. melléklet folytatása A minta párok vizuális összehasonlításának eredménye, a színekoordinátaikból számított színinger különbség és színekoordináta különbség értékek

vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $	vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $	vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $
3	1,54	1,47	0,13	0,44	2	2,03	1,35	0,04	1,52	2	2,50	0,96	0,66	2,21
2	1,55	1,12	0,80	0,70	2	2,04	0,75	0,00	1,89	2	2,50	0,29	2,48	0,10
2	1,57	0,90	0,98	0,84	2	2,04	1,35	0,81	1,31	2	2,51	1,39	0,68	1,97
2	1,58	1,08	0,02	1,15	2	2,06	1,77	1,01	0,27	2	2,51	1,43	1,42	1,49
2	1,58	1,08	0,02	1,15	2	2,08	0,64	1,22	1,56	2	2,51	0,49	2,23	1,06
2	1,58	1,36	0,61	0,51	2	2,08	0,11	0,60	1,99	2	2,52	1,00	0,70	2,20
2	1,59	0,86	0,20	1,32	2	2,08	1,53	1,39	0,25	2	2,52	1,67	1,85	0,35
2	1,60	0,89	0,69	1,13	2	2,08	1,01	1,82	0,10	2	2,54	0,26	2,19	1,27
1	1,60	0,50	1,19	0,96	2	2,09	0,46	1,39	1,50	2	2,55	0,37	2,52	0,15
2	1,61	0,60	0,94	1,16	2	2,10	0,69	0,83	1,80	2	2,56	0,26	1,81	1,79
2	1,63	1,58	0,33	0,23	2	2,10	0,19	0,29	2,07	3	2,56	0,79	1,84	1,60
3	1,64	0,85	0,43	1,33	2	2,13	1,59	0,58	1,29	2	2,57	1,41	0,04	2,15
2	1,64	0,91	0,10	1,37	2	2,15	0,81	1,55	1,26	3	2,57	1,44	1,64	1,36
2	1,64	0,91	0,10	1,37	2	2,16	0,76	1,75	1,01	3	2,58	1,52	1,99	0,61
2	1,65	0,77	0,02	1,46	2	2,17	0,32	1,81	1,16	2	2,59	0,69	1,23	2,18
2	1,67	0,83	0,48	1,37	2	2,19	1,46	0,80	1,43	2	2,61	0,59	0,72	2,44
2	1,68	1,65	0,13	0,28	2	2,20	1,17	0,22	1,85	2	2,62	0,67	0,33	2,51
2	1,68	1,68	0,04	0,07	2	2,21	1,33	0,88	1,53	2	2,62	0,67	0,33	2,51
2	1,68	0,61	0,30	1,54	3	2,21	0,91	2,01	0,22	2	2,62	0,28	0,92	2,43
2	1,68	0,08	0,85	1,45	2	2,24	1,32	0,38	1,77	2	2,62	1,00	0,88	2,26
2	1,68	1,10	1,25	0,22	2	2,26	1,21	0,46	1,85	2	2,63	1,23	0,88	2,15
2	1,69	1,01	1,34	0,24	2	2,27	1,26	0,20	1,87	3	2,65	0,30	0,66	2,55
1	1,71	1,35	0,60	0,86	2	2,27	0,30	0,56	2,18	2	2,65	0,93	0,47	2,44
2	1,72	0,71	0,04	1,57	2	2,28	0,77	2,15	0,05	2	2,68	1,51	0,80	2,06
3	1,73	0,30	1,69	0,21	3	2,28	0,15	1,58	1,64	2	2,69	0,53	0,46	2,60
2	1,74	0,65	1,19	1,09	2	2,28	0,18	1,99	1,10	2	2,69	1,51	2,12	0,70
1	1,74	0,46	0,72	1,52	2	2,29	0,04	0,20	2,28	2	2,72	1,48	1,69	1,54
2	1,74	0,47	1,68	0,07	2	2,32	2,18	0,44	0,67	2	2,74	1,47	1,00	2,08
2	1,74	0,56	0,43	1,60	2	2,36	0,90	1,88	1,10	2	2,74	1,47	1,00	2,08
1	1,75	1,00	1,06	0,96	2	2,37	1,11	0,70	1,98	2	2,76	0,54	2,41	1,22
2	1,78	1,02	0,08	1,45	2	2,38	0,08	0,20	2,37	2	2,76	1,14	0,03	2,51
3	1,79	1,55	0,19	0,86	2	2,38	2,15	0,53	0,88	3	2,76	2,45	1,25	0,27
3	1,79	1,75	0,32	0,22	2	2,39	0,09	0,33	2,37	2	2,78	1,58	1,31	1,87
2	1,79	1,01	0,74	1,28	2	2,39	1,69	1,41	0,93	2	2,78	2,12	1,54	0,91
2	1,83	0,17	1,34	1,23	2	2,40	1,17	0,26	1,99	2	2,79	0,35	0,16	2,76
1	1,84	0,87	0,86	1,37	2	2,41	1,64	0,19	1,75	2	2,80	0,84	2,05	1,70
2	1,85	0,20	0,52	1,76	2	2,43	1,36	0,60	1,92	2	2,81	0,61	0,90	2,59
2	1,85	1,13	0,48	1,38	2	2,44	1,00	1,59	1,56	2	2,81	0,29	0,67	2,72
2	1,88	1,19	1,02	1,03	2	2,45	1,27	0,42	2,06	2	2,82	0,69	0,59	2,67
2	1,89	0,77	0,41	1,67	2	2,45	0,13	2,08	1,29	2	2,84	0,63	1,16	2,51
2	1,89	0,77	0,41	1,67	2	2,45	1,23	1,43	1,57	3	2,85	1,54	0,03	2,40
2	1,89	1,06	0,26	1,54	2	2,47	1,10	1,34	1,76	2	2,85	1,19	1,45	2,15
1	1,89	1,71	0,62	0,52	2	2,47	1,41	0,50	1,97	2	2,85	1,00	0,70	2,58
2	1,89	1,45	0,06	1,22	2	2,47	1,41	0,50	1,97	2	2,86	0,96	1,69	2,10
1	1,90	0,58	1,15	1,39	3	2,47	0,58	1,25	2,05	3	2,87	0,82	2,11	1,76
2	1,90	0,23	1,32	1,35	2	2,47	1,39	1,09	1,73	2	2,87	1,14	1,52	2,16
3	1,92	1,11	0,82	1,34	2	2,48	1,94	0,13	1,55	2	2,88	0,40	2,54	1,31
3	1,93	1,58	0,29	1,06	2	2,49	0,49	0,26	2,43	3	2,90	1,26	2,05	1,61
2	1,95	0,35	0,61	1,82	2	2,50	0,96	0,66	2,21	2	2,90	1,47	1,26	2,16
2	2,03	1,86	0,07	0,82	2	2,50	0,96	0,66	2,21	2	2,90	1,13	0,34	2,65

6. melléklet folytatása A minta párok vizuális összehasonlításának eredménye, a színekoordinátáikból számított színinger különbség és színekoordináta különbség értékek

vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $	vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $	vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $
2	2,90	1,14	0,32	2,63	3	3,64	2,58	0,83	2,43	3	4,46	2,85	0,89	3,32
2	2,90	1,19	1,13	2,40	3	3,66	1,16	3,40	0,70	3	4,48	1,92	2,35	3,30
2	2,91	1,12	0,39	2,66	3	3,72	2,73	2,40	0,79	3	4,48	2,11	1,48	3,67
3	2,92	1,00	0,87	2,60	3	3,72	1,54	2,58	2,20	3	4,50	0,50	1,18	4,31
3	2,93	1,05	0,56	2,68	3	3,72	0,61	0,40	3,65	3	4,51	2,01	3,94	0,89
3	2,93	1,31	1,85	1,86	3	3,73	0,66	3,46	1,23	3	4,52	1,61	2,81	3,15
2	2,93	0,41	0,10	2,90	3	3,74	1,24	1,43	3,22	3	4,52	3,23	1,65	2,69
2	2,95	0,71	0,40	2,84	3	3,74	1,24	1,43	3,22	3	4,53	0,35	1,87	4,11
2	2,99	0,22	1,28	2,69	3	3,74	1,79	1,90	2,68	3	4,55	2,29	3,88	0,68
2	2,99	0,98	2,47	1,37	3	3,75	1,41	0,87	3,37	3	4,57	3,84	0,98	2,28
2	3,01	0,46	1,55	2,55	3	3,78	1,83	2,03	2,62	3	4,59	3,20	1,56	2,90
2	3,02	0,07	0,74	2,93	3	3,84	2,73	1,25	2,39	3	4,62	3,28	2,67	1,85
2	3,03	2,12	2,12	0,44	3	3,85	1,42	1,95	3,00	3	4,63	2,91	0,42	3,57
3	3,06	0,80	0,42	2,92	3	3,85	2,13	0,31	3,19	3	4,63	1,11	4,28	1,36
3	3,07	0,78	1,05	2,77	3	3,86	2,35	0,49	3,02	3	4,64	1,42	1,16	4,26
2	3,10	1,62	1,59	2,12	3	3,86	2,35	0,49	3,02	3	4,65	1,94	3,72	2,00
3	3,11	1,48	0,10	2,73	3	3,86	1,15	1,82	3,20	3	4,68	1,59	3,96	1,92
3	3,12	1,85	0,38	2,48	3	3,89	1,61	1,08	3,37	3	4,69	1,28	1,55	4,23
1	3,12	0,55	0,27	3,06	3	3,89	1,51	3,54	0,59	3	4,69	2,11	3,40	2,44
3	3,12	0,74	2,50	1,72	3	3,89	1,11	2,41	2,85	3	4,69	3,97	1,91	1,60
2	3,13	0,11	1,59	2,70	3	3,90	1,67	0,49	3,49	3	4,70	0,80	2,01	4,18
3	3,15	0,98	0,03	2,99	3	3,92	2,70	1,16	2,60	3	4,71	1,41	1,69	4,16
3	3,20	2,88	1,39	0,25	3	4,01	3,47	1,51	1,30	3	4,72	1,52	1,81	4,09
3	3,29	2,24	1,43	1,94	3	4,07	0,61	3,88	1,06	3	4,77	4,28	1,45	1,53
3	3,31	1,37	3,01	0,07	3	4,13	0,92	0,76	3,96	3	4,78	1,96	4,12	1,43
3	3,31	0,68	1,62	2,80	3	4,17	0,91	1,29	3,86	3	4,82	2,39	1,80	3,77
3	3,31	2,28	2,19	1,00	3	4,19	2,41	3,43	0,17	3	4,82	2,39	1,80	3,77
3	3,32	2,10	1,13	2,31	3	4,20	1,89	1,40	3,47	3	4,83	2,91	3,83	0,47
3	3,32	2,65	1,85	0,77	3	4,20	1,89	1,40	3,47	3	4,83	2,91	1,00	3,72
2	3,33	1,13	1,07	2,94	3	4,21	0,30	1,61	3,88	3	4,86	1,53	4,03	2,25
3	3,33	2,30	2,27	0,81	3	4,23	2,41	0,60	3,42	3	4,91	2,83	2,15	3,38
3	3,33	2,15	0,69	2,45	3	4,24	2,33	1,75	3,08	3	4,98	0,27	1,83	4,62
3	3,35	1,04	2,48	2,00	3	4,24	0,81	4,01	1,12	3	5,08	1,15	2,37	4,34
3	3,35	0,73	1,06	3,10	3	4,27	1,53	3,97	0,45	3	5,11	0,95	4,54	2,14
3	3,36	1,34	0,63	3,01	3	4,28	1,22	3,67	1,83	3	5,18	0,94	4,69	1,99
3	3,37	1,33	1,93	2,42	3	4,32	1,91	1,27	3,67	3	5,23	2,14	1,33	4,59
2	3,39	1,71	1,40	2,56	3	4,33	1,74	1,83	3,52	3	5,23	2,14	1,33	4,59
3	3,39	1,85	0,39	2,82	3	4,33	1,74	1,83	3,52	3	5,24	2,30	3,65	2,98
3	3,39	1,85	0,39	2,82	3	4,39	2,04	2,98	2,50	3	5,25	4,38	1,12	2,67
3	3,42	1,63	0,21	2,99	3	4,41	2,29	2,30	2,98	3	5,27	0,19	5,14	1,16
3	3,47	1,67	1,60	2,58	3	4,41	3,22	2,65	1,44	3	5,29	4,22	3,14	0,59
3	3,47	1,67	1,60	2,58	3	4,43	1,44	3,85	1,66	3	5,29	2,01	1,46	4,68
3	3,51	1,17	0,39	3,29	3	4,43	2,63	0,71	3,49	3	5,31	0,19	1,96	4,93
3	3,52	0,65	1,72	3,00	3	4,44	1,22	3,68	2,17	3	5,39	1,03	1,26	5,14
3	3,54	1,13	0,59	3,30	3	4,45	2,33	2,43	2,92	3	5,41	2,52	4,33	2,03
3	3,55	2,05	2,88	0,41	3	4,45	2,22	3,14	2,25	3	5,49	0,12	0,55	5,46
3	3,56	0,83	0,74	3,38	3	4,46	2,17	0,89	3,79	3	5,49	3,17	0,96	4,38
2	3,59	3,04	1,38	1,32	3	4,46	1,65	2,22	3,50	3	5,56	2,52	4,34	2,37
3	3,62	1,56	0,66	3,20	3	4,46	2,85	0,89	3,32	3	5,57	0,53	5,54	0,06

6. melléklet folytatása A minta párok vizuális összehasonlításának eredménye, a szinkordinátáikból számított színinger különbség és szíinkordináta különbség értékek

vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $	vizuális minősítés osztálya	ΔE^*_{ab}	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $
3	5,57	2,59	1,39	4,74	3	6,81	5,55	1,42	3,68
3	5,59	1,10	0,24	5,47	3	6,83	5,11	0,95	4,43
3	5,60	2,74	4,51	1,86	3	6,84	1,73	0,52	6,60
3	5,60	1,62	1,16	5,24	3	6,86	1,85	4,68	4,66
3	5,62	2,05	4,14	3,20	3	6,88	3,37	1,49	5,82
3	5,69	2,22	2,80	4,43	3	6,89	3,07	4,06	4,65
3	5,71	0,19	2,24	5,25	3	6,91	0,51	0,66	6,86
3	5,71	2,45	0,97	5,07	3	6,95	6,01	1,24	3,27
3	5,72	2,68	1,59	4,79	3	6,97	1,70	5,94	3,22
3	5,79	1,15	5,67	0,17	3	7,07	1,85	5,32	4,28
3	5,81	1,59	1,25	5,44	3	7,10	1,72	0,34	6,88
3	5,84	1,17	1,94	5,39	3	7,10	0,81	2,35	6,65
3	5,85	2,89	4,63	2,12	3	7,14	6,45	1,71	2,53
3	5,85	3,90	1,03	4,24	3	7,21	5,55	0,90	4,52
3	5,86	0,28	1,98	5,51	3	7,27	2,21	6,14	3,20
3	5,88	3,24	4,39	2,20	3	7,40	2,51	5,28	4,53
3	5,93	3,41	4,06	2,65	3	7,41	2,42	6,32	3,02
3	5,94	0,39	2,29	5,47	3	7,43	2,21	6,15	3,54
3	5,97	1,13	1,28	5,72	3	7,63	6,55	1,38	3,66
3	5,97	3,87	0,94	4,45	3	7,63	2,93	6,20	3,36
3	5,98	2,72	1,43	5,12	3	7,65	1,74	3,09	6,78
3	6,01	2,83	4,69	2,46	3	7,65	3,09	5,87	3,81
3	6,08	0,29	5,98	1,08	3	7,67	2,58	6,44	3,28
3	6,14	2,65	1,39	5,37	3	7,86	2,51	6,50	3,62
3	6,15	4,90	1,51	3,39	3	8,06	4,37	4,72	4,85
3	6,16	0,95	5,94	1,33	3	8,16	2,76	5,21	5,65
3	6,17	2,09	4,88	3,14	3	8,19	3,29	6,12	4,34
3	6,21	4,87	1,42	3,59	3	8,26	2,62	5,34	5,74
3	6,33	0,42	0,64	6,28	3	8,40	3,06	4,85	6,13
3	6,42	1,50	5,51	2,93	3	8,47	3,20	5,27	5,80
3	6,46	3,60	4,31	3,18	3	8,59	3,03	6,62	4,56
3	6,47	1,20	5,87	2,44	3	8,93	3,26	5,28	6,43
3	6,49	1,75	4,48	4,36	3	9,76	4,05	6,53	6,02
3	6,51	1,63	0,32	6,30					
3	6,52	4,97	1,62	3,89					
3	6,53	5,01	0,75	4,13					
3	6,53	5,45	1,22	3,38					
3	6,54	3,27	1,29	5,52					
3	6,54	0,72	2,33	6,07					
3	6,60	1,06	6,00	2,53					
3	6,62	2,71	5,01	3,37					
3	6,65	0,52	0,84	6,58					
3	6,66	1,87	2,42	5,91					
3	6,68	1,64	5,93	2,59					
3	6,75	1,60	5,71	3,23					
3	6,77	3,52	3,46	4,63					
3	6,77	3,35	4,81	3,40					
3	6,79	1,30	6,07	2,74					
3	6,79	3,70	4,51	3,48					

7. melléklet Az őrlemények szemcseméret frakciói és a teljes őrlemény szinkordináta értékeinek átlaga, szórása, valamint h_{ab}^o színezeti szög és C_{ab}^* króma értéke

minta	szemcseméret frakció	átlag			szórás			h_{ab}^o	C_{ab}^*
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*		
M1	125-250 μ m	35,05	21,77	21,80	0,463	0,125	0,244	30,81	45,04
	250-315 μ m	33,78	19,87	17,56	0,329	0,218	0,430	26,52	41,46
	315-400 μ m	33,23	18,76	16,44	0,175	0,246	0,464	24,95	41,23
	400-500 μ m	34,08	18,26	17,29	0,212	0,150	0,465	25,15	43,45
	teljes őrlemény	34,81	20,44	19,83	0,174	0,010	0,184	28,48	44,13
M2	125-250 μ m	35,28	19,04	21,00	0,235	0,151	0,117	28,35	47,79
	250-315 μ m	34,33	18,09	18,84	0,273	0,157	0,444	26,12	46,17
	315-400 μ m	32,46	16,68	14,91	0,280	0,076	0,301	22,38	41,79
	400-500 μ m	33,05	18,10	16,42	0,147	0,316	0,591	24,44	42,22
	teljes őrlemény	34,22	17,85	17,64	0,195	0,339	0,118	25,10	44,67
M3	125-250 μ m	38,32	16,51	26,84	0,258	0,092	0,304	31,51	58,40
	250-315 μ m	37,62	15,93	24,76	0,298	0,157	0,164	29,44	57,25
	315-400 μ m	35,44	15,37	21,58	0,178	0,099	0,168	26,50	54,53
	400-500 μ m	35,27	15,43	21,51	0,441	0,165	0,537	26,47	54,34
	teljes őrlemény	37,33	15,92	24,55	0,081	0,085	0,185	29,26	57,04
M4	125-250 μ m	34,77	21,91	22,22	0,181	0,210	0,042	31,20	45,40
	250-315 μ m	33,74	20,35	18,92	0,423	0,135	0,271	27,79	42,90
	315-400 μ m	32,14	18,10	15,66	0,026	0,210	0,085	23,94	40,87
	400-500 μ m	31,00	15,46	13,01	0,194	0,289	0,347	20,21	40,08
	teljes őrlemény	32,97	18,76	16,88	0,257	0,322	0,464	25,24	41,98
M5	63-125 μ m	37,03	20,77	26,54	0,242	0,302	0,481	33,71	51,95
	125-250 μ m	35,05	19,51	23,10	0,115	0,292	0,359	30,24	49,82
	250-315 μ m	34,66	16,87	15,66	0,348	0,285	0,438	23,01	42,87
	315-400 μ m	33,65	17,14	14,10	0,301	0,076	0,181	22,19	39,45
	400-500 μ m	33,59	16,98	14,08	0,474	0,059	0,273	22,06	39,65
M6	teljes őrlemény	34,51	18,41	17,93	0,181	0,176	0,364	25,70	44,23
	125-250 μ m	35,14	22,67	23,41	0,303	0,091	0,108	32,59	45,92
	250-315 μ m	34,28	21,69	21,06	0,212	0,202	0,295	30,23	44,16
	315-400 μ m	32,88	20,80	18,36	0,047	0,017	0,020	27,74	41,43
	400-500 μ m	32,47	20,07	17,08	0,260	0,441	0,246	26,35	40,40
M7	teljes őrlemény	34,12	22,13	20,89	0,046	0,147	0,247	30,44	43,35
	125-250 μ m	36,99	21,21	25,96	0,298	0,178	0,327	33,53	50,75
	250-315 μ m	36,47	20,87	24,46	0,362	0,091	0,346	32,15	49,54
	315-400 μ m	34,53	18,95	19,54	0,102	0,212	0,266	27,22	45,89
	400-500 μ m	33,59	18,18	18,10	0,325	0,275	0,291	25,65	44,87
M8	teljes őrlemény	35,80	19,96	21,71	0,139	0,168	0,259	29,49	47,40
	125-250 μ m	37,15	22,25	25,54	0,205	0,050	0,593	33,87	48,94
	250-315 μ m	36,21	21,99	24,39	0,310	0,274	0,433	32,84	47,96
	315-400 μ m	35,04	20,76	21,48	0,262	0,125	0,520	29,87	45,97
	400-500 μ m	34,48	20,29	19,92	0,535	0,210	0,422	28,43	44,46
M9	teljes őrlemény	36,14	21,38	23,24	0,139	0,035	0,219	31,58	47,39
	125-250 μ m	36,83	22,52	23,69	0,313	0,081	0,161	32,68	46,45
	250-315 μ m	36,59	21,17	22,17	0,920	0,492	0,627	30,65	46,33
	315-400 μ m	35,79	20,03	19,50	0,250	0,122	0,350	27,95	44,23
	400-500 μ m	35,33	19,50	18,02	0,528	0,221	0,491	26,55	42,75
M10	teljes őrlemény	36,67	20,53	20,27	0,451	0,172	0,087	28,85	44,63
	125-250 μ m	37,75	22,57	25,59	0,226	0,099	0,205	34,12	48,58
	250-315 μ m	36,69	21,25	23,12	0,145	0,298	0,172	31,40	47,42
	315-400 μ m	35,15	19,82	19,42	0,221	0,448	0,212	27,75	44,41
	400-500 μ m	34,04	20,49	18,88	0,212	0,070	0,112	27,86	42,65
	teljes őrlemény	36,18	20,90	22,69	0,211	0,255	0,258	30,85	47,35

7. melléklet folytatása Az őrlmények szemcseméret frakciói és a teljes őrlemény színekoordináta értékeinek átlaga, szórása, valamint h_{ab}^o színezeti szög és C_{ab}^* króma értéke

minta	szemcseméret frakció	átlag			szórás			h_{ab}^o	C_{ab}^*
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*		
M11	125-250 μ m	38,31	18,35	25,87	0,181	0,180	0,146	31,72	54,64
	250-315 μ m	36,35	17,17	22,25	0,096	0,092	0,171	28,10	52,34
	315-400 μ m	35,53	16,70	20,06	0,421	0,242	0,217	26,11	50,22
	400-500 μ m	35,99	16,98	21,02	0,231	0,275	0,280	27,02	51,07
	teljes őrlemény	37,24	17,56	23,70	0,102	0,320	0,532	29,49	53,47
M12	125-250 μ m	35,42	19,58	21,12	0,038	0,137	0,055	28,80	47,16
	250-315 μ m	34,33	17,08	17,90	0,394	0,235	0,145	24,74	46,34
	315-400 μ m	33,54	17,40	17,63	0,151	0,341	0,111	24,77	45,38
	400-500 μ m	32,59	16,42	16,16	0,375	0,015	0,105	23,04	44,55
	teljes őrlemény	34,33	18,33	19,41	0,131	0,096	0,229	26,70	46,65
B1	125-250 μ m	34,21	18,64	17,08	0,402	0,308	0,072	25,29	42,50
	250-315 μ m	32,85	17,69	15,67	0,527	0,321	0,320	23,63	41,54
	315-400 μ m	32,20	16,47	13,99	0,333	0,017	0,225	21,61	40,35
	400-500 μ m	33,36	17,77	17,57	0,047	0,118	0,095	24,99	44,67
	teljes őrlemény	32,71	18,25	17,04	0,277	0,099	0,142	24,96	43,04
M13	63-125 μ m	38,86	19,67	25,67	0,176	0,183	0,804	32,34	52,54
	125-250 μ m	35,74	18,68	22,28	0,391	0,211	0,404	29,07	50,02
	250-315 μ m	34,75	18,07	20,67	0,162	0,142	0,157	27,45	48,83
	315-400 μ m	34,70	17,90	19,90	0,155	0,229	0,333	26,77	48,03
	400-500 μ m	32,83	16,19	17,19	0,208	0,378	0,471	23,61	46,72
DF1	teljes őrlemény	35,94	18,59	22,11	0,540	0,218	0,425	28,89	49,94
	125-250 μ m	30,69	14,14	13,78	0,131	0,147	0,055	19,74	44,26
	250-315 μ m	29,47	11,82	10,79	0,551	0,170	0,150	16,00	42,38
	315-400 μ m	29,24	11,02	9,74	0,127	0,072	0,261	14,71	41,46
	400-500 μ m	29,60	11,09	9,86	0,092	0,310	0,108	14,84	41,63
M14	teljes őrlemény	30,52	12,38	11,38	0,303	0,261	0,159	16,81	42,58
	63-125 μ m	38,63	19,82	25,37				32,19	52,00
	125-250 μ m	35,67	17,95	21,12	0,199	0,112	0,347	27,72	49,64
	250-315 μ m	35,30	17,23	19,43	0,403	0,154	0,474	25,97	48,44
	315-400 μ m	35,38	17,28	18,83	0,214	0,186	0,403	25,56	47,47
DF2	400-500 μ m	34,53	17,69	19,13	0,241	0,368	0,380	26,06	47,23
	teljes őrlemény	35,46	17,92	20,91	0,152	0,222	0,410	27,54	49,39
	125-250 μ m	34,02	13,92	17,76	0,144	0,137	0,374	22,56	51,90
	250-315 μ m	33,73	13,81	17,02	0,161	0,270	0,201	21,92	50,94
	315-400 μ m	33,68	14,07	17,39	0,170	0,372	0,490	22,37	51,02
S1	400-500 μ m	33,97	13,76	17,93				22,60	52,50
	teljes őrlemény	33,81	13,91	17,71	0,243	0,104	0,261	22,52	51,85
	125-250 μ m	35,15	18,67	18,48	0,156	0,363	0,349	26,27	44,70
	250-315 μ m	34,36	20,09	19,62	0,145	0,390	0,458	28,08	44,32
	315-400 μ m	34,42	19,40	16,58	0,045	0,132	1,517	25,52	40,52
S2	400-500 μ m	33,92	20,17	18,49	0,347	0,550	0,492	27,36	42,52
	teljes őrlemény	33,75	20,54	18,94	0,236	0,341	0,167	27,94	42,68
	125-250 μ m	34,17	18,47	18,94	0,503	0,185	0,152	26,45	45,72
	250-315 μ m	33,73	18,48	17,87	0,067	0,327	0,592	25,71	44,03
	315-400 μ m	33,45	18,63	17,56	0,341	0,312	0,441	25,60	43,30
DF3	400-500 μ m	33,38	19,66	17,78	0,176	0,165	0,251	26,51	42,12
	teljes őrlemény	33,08	19,48	19,51	0,287	0,332	0,246	27,57	45,04
	125-250 μ m	35,34	21,53	21,17	0,121	0,137	0,420	30,19	44,52
	250-315 μ m	34,80	20,40	18,90	0,588	0,663	1,247	27,81	42,82
	315-400 μ m	33,41	19,15	16,08	0,334	0,085	0,074	25,01	40,01
	400-500 μ m	33,32	18,03	16,82				24,66	43,01
	teljes őrlemény	34,01	20,00	18,90	0,159	0,276	0,232	27,52	43,38

8. melléklet Az egyes őrlmények szemcseeloszlása

Minta	Szemcseméret frakció, μm				
	63-125	125-250	250-315	315-400	400-500
	0,00	45,32	35,44	16,86	2,39
M2	0,00	14,28	35,73	42,17	7,82
M3	0,00	10,07	56,93	30,38	2,61
M4	0,00	13,81	29,54	42,18	14,47
M5	1,78	43,47	24,60	18,71	11,44
M6	0,00	9,11	50,64	33,51	6,73
M7	0,00	3,96	44,21	40,88	10,95
M8	0,00	10,34	35,45	46,63	7,57
M9	0,00	15,11	28,49	43,64	12,76
M10	1,00	17,14	35,56	38,27	8,03
M11	0,00	34,90	33,15	28,73	3,22
M12	0,00	28,07	28,47	38,00	5,47
B1	0,00	27,52	36,98	33,49	2,01
M13	2,23	61,66	23,46	11,36	0,88
DF1	0,00	36,05	34,31	23,77	5,87
M14	0,93	44,83	20,69	27,65	5,90
DF2	0,54	65,23	26,55	7,01	0,67
S1	0,00	1,70	30,09	56,02	12,19
S2	0,00	8,30	27,14	51,50	13,06
DF3	0,00	5,05	32,85	61,37	0,73

9. melléklet A teljes őrlmények mért és a szemcseeloszlásuk alapján a frakciók színekoordinátáiból számított színekoordinátái

Minta	Mért			Számított			ΔE^*_{ab}
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
M1	34,81	20,44	19,83	34,27	20,51	19,29	0,77
M2	34,22	17,84	17,64	33,57	17,63	17,30	0,76
M3	37,33	15,92	24,55	36,97	15,80	23,92	0,74
M4	32,97	18,76	16,88	32,81	18,91	17,15	0,34
M5	34,51	18,41	17,92	34,56	18,15	18,62	0,74
M6	34,12	22,13	20,89	33,77	21,37	20,10	1,15
M7	35,80	19,96	21,71	35,38	19,80	21,81	0,47
M8	36,14	21,38	23,24	35,63	21,32	22,81	0,67
M9	36,67	20,50	20,27	36,11	20,66	20,71	0,72
M10	36,17	20,90	22,68	36,08	20,88	21,81	0,88
M11	37,24	17,55	23,69	36,79	17,44	22,84	0,97
M12	34,33	18,32	19,41	34,24	17,87	18,60	0,93
B1	32,71	18,24	17,03	33,02	17,55	16,54	0,91
M13	35,94	18,59	22,11	35,29	18,37	21,57	0,88
DF1	30,52	12,38	11,37	29,86	12,42	11,56	0,68
M14	35,45	17,92	20,90	35,47	17,62	20,06	0,90
DF2	33,81	13,91	17,70	33,71	13,82	17,43	0,31
S1	33,75	20,54	18,94	34,35	19,69	18,76	1,06
S2	33,08	19,48	19,51	33,58	18,71	19,98	1,03
DF3	34,01	20,00	18,90	33,96	19,67	18,27	0,72

10. melléklet A különböző szemcseméret frakciókon a szitálás után, majd a 6 hónap tárolást követően mért szinkordináta átlag, ΔE_{ab}^* , ΔC_{ab}^* és ΔH_{ab}^* különbség értékek

Szemcse- méret(μm)	Minta	Szitálás után			6 hónap múlva			ΔE_{ab}^*	ΔC_{ab}^*	ΔH_{ab}^*
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*			
teljes őrl.	DAF1	32,16	16,71	18,02	33,75	15,00	18,42	2,37	0,82	1,55
teljes őrl.	DAF2	27,74	14,56	10,68	29,48	13,10	11,63	2,47	0,54	1,66
teljes őrl.	M1	33,30	21,37	19,26	34,83	19,30	20,24	2,76	0,80	2,15
teljes őrl.	M2	31,94	21,77	18,00	35,11	19,62	20,24	4,44	0,06	3,10
teljes őrl.	M3	31,57	20,82	17,08	33,81	19,48	18,67	3,05	-0,06	2,07
teljes őrl.	M4	33,01	21,04	18,87	34,70	20,10	20,90	2,81	-0,74	2,11
teljes őrl.	DAM	30,99	18,51	13,60	32,30	18,81	15,76	2,54	-1,57	1,52
teljes őrl.	DAF3	31,74	21,61	16,47	32,89	20,33	17,29	1,91	0,49	1,44
125-250	DAF2	30,48	16,96	13,91	32,08	14,56	15,26	3,19	0,84	2,63
125-250	M2	36,66	22,58	23,74	38,13	18,08	24,99	4,90	1,92	4,26
125-250	M4	34,94	19,69	21,63	36,79	16,89	20,58	3,51	2,63	1,43
125-250	DAM	33,69	21,05	18,73	35,57	18,90	20,05	3,15	0,62	2,45
250-315	DAF1	33,66	17,15	19,19	36,06	14,12	18,96	3,87	2,09	2,20
250-315	DAF2	30,10	14,87	12,86	30,82	13,04	13,98	2,27	0,54	2,08
250-315	M1	37,15	21,41	24,93	38,58	16,53	23,35	5,33	4,26	2,87
250-315	M2	36,24	21,86	23,25	37,50	17,52	23,28	4,51	2,78	3,33
250-315	M3	35,69	21,85	21,65	37,88	18,84	22,97	3,95	1,05	3,12
250-315	M4	34,74	19,16	21,07	37,30	16,18	17,98	5,00	4,29	0,14
250-315	DAM	34,03	19,71	17,64	35,10	18,30	19,91	2,87	-0,59	2,60
250-315	DAF3	35,24	23,35	20,93	36,02	20,72	19,50	3,09	2,90	0,73
315-400	DAF1	33,79	16,79	18,75	36,12	13,36	16,80	4,58	3,70	1,36
315-400	DAF2	29,54	13,06	11,07	31,15	11,26	13,23	3,24	-0,25	2,80
315-400	M1	37,46	21,12	24,18	39,54	15,98	23,70	5,57	3,52	3,77
315-400	M2	35,77	20,66	22,17	37,17	17,09	21,75	3,86	2,64	2,44
315-400	M3	34,97	20,99	21,18	38,45	17,13	23,27	5,60	0,93	4,29
315-400	M4	34,04	18,50	20,20	37,23	14,91	18,81	5,00	3,39	1,83
315-400	DAM	32,66	19,06	16,59	35,23	16,65	19,11	4,33	-0,07	3,48
315-400	DAF3	34,45	22,90	20,56	35,76	19,63	19,11	3,80	3,37	1,17
400-500	DAF1	34,12	16,36	18,87	35,97	12,99	17,69	4,02	3,03	1,89
400-500	DAF2	29,79	11,65	10,62	29,93	10,59	10,36	1,10	0,95	0,53
400-500	M1	37,08	20,90	24,61	38,64	15,37	23,83	5,80	3,93	3,97
400-500	M2	35,45	19,42	20,67	36,00	16,08	20,16	3,42	2,57	2,19
400-500	M3	34,15	19,98	19,85	37,54	16,52	21,00	4,98	1,44	3,35
400-500	M4	34,10	17,57	19,37	36,46	14,46	18,85	3,94	2,40	2,05
400-500	DAM	32,50	18,70	16,48	35,77	15,32	18,30	5,05	1,05	3,69
400-500	DAF3	34,16	21,91	19,75	34,83	18,15	18,42	4,05	3,64	1,64

10. melléklet folytatása A különböző szemcseméret frakciókon a szitálás után, majd a 6 hónap tárolást követően mért színkoordináta átlag, ΔE_{ab}^* , ΔC_{ab}^* és ΔH_{ab}^* különbség értékek

Szemcse- méret(μm)	Minta	Szitálás után			6 hónap múlva			ΔE_{ab}^*	ΔC_{ab}^*	ΔH_{ab}^*
		L [*]	a [*]	b [*]	L [*]	a [*]	b [*]			
500-630	DAF1	33,45	15,75	18,43	35,55	13,13	18,57	3,36	1,50	2,16
500-630	DAF2	29,29	10,34	8,97	30,75	9,27	9,87	2,02	0,15	1,39
500-630	M1	36,24	20,03	22,56	38,51	14,90	21,54	5,70	3,98	3,39
500-630	M2	35,44	19,91	20,65	36,91	15,99	19,43	4,36	3,52	2,11
500-630	M3	34,05	18,91	19,07	37,79	15,03	19,85	5,43	1,96	3,43
500-630	M4	34,12	18,52	20,06	36,25	14,87	19,39	4,28	2,87	2,36
500-630	DAM	33,13	18,87	16,70	35,81	15,72	17,87	4,30	1,39	3,06
500-630	DAF3	34,04	19,87	17,40	34,48	17,93	19,08	2,60	0,23	2,55
0-630	DAF1	34,23	16,23	18,35	35,41	13,72	19,37	2,95	0,76	2,60
0-630	DAF2	29,29	13,06	11,03	30,75	11,40	11,12	2,22	1,17	1,18
0-630	M1	36,64	20,92	23,96	39,17	15,19	22,87	6,36	4,36	3,88
0-630	M2	35,95	21,18	22,33	37,81	16,79	20,99	4,96	3,90	2,43
0-630	M3	34,69	20,67	20,52	38,26	16,41	22,38	5,86	1,37	4,44
0-630	M4	34,16	18,62	20,21	35,86	15,82	20,66	3,30	1,46	2,43
0-630	DAM	33,09	19,53	17,09	34,87	17,55	19,59	3,65	-0,35	3,17
0-630	DAF3	34,39	22,56	20,29	35,31	19,43	19,55	3,35	2,78	1,62
630-1000	DAF1	33,18	14,31	15,83	34,41	11,32	14,41	3,52	3,01	1,36
630-1000	DAF2	28,44	9,70	7,57	29,46	7,47	6,99	2,52	2,08	1,00
630-1000	M1	35,35	18,09	19,69	38,47	13,58	20,51	5,54	2,14	4,05
630-1000	M2	35,28	18,91	19,18	37,97	14,62	18,85	5,08	3,08	3,01
630-1000	M3	33,75	17,54	17,48	35,83	14,20	17,31	3,93	2,37	2,35
630-1000	M4	34,07	16,90	18,12	35,51	13,51	17,84	3,69	2,40	2,41
630-1000	DAM	32,51	16,72	15,02	35,92	13,95	18,84	5,82	-0,96	4,62
630-1000	DAF3	33,48	18,68	16,49	34,76	15,82	17,00	3,17	1,69	2,36

11. melléklet A kezdeti és a megnövelt nedvességtartalmú minták színkoordináta értékeinek átlaga, szórása, valamint h_{ab}^o színezeti szög és C_{ab}^* króma értéke

minta	nedvesség növelés	átlag			szórás			h_{ab}^o	C_{ab}^*
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*		
P1	kezdeti minta	33,06	22,26	19,10	0,271	0,197	0,265	40,52	29,07
	1 %	32,58	22,17	17,74	0,095	0,367	0,061	38,26	28,54
	2 %	32,54	21,29	16,50	0,105	0,390	0,691	37,33	26,43
	3 %	32,19	20,70	16,30	0,421	0,670	0,620	38,38	26,98
	4 %	32,42	20,89	16,90	0,449	0,166	0,576	38,40	26,57
	5 %	32,44	20,28	16,60	0,064	0,315	0,146	38,91	26,46
P2	kezdeti minta	33,56	22,25	19,03	0,304	0,155	0,445	39,98	28,83
	1 %	33,15	22,81	19,49	0,210	0,162	0,373	40,09	29,59
	2 %	33,23	22,54	19,21	0,185	0,191	0,307	40,04	29,47
	3 %	32,55	22,30	18,25	0,151	0,101	0,087	39,44	28,89
	4 %	32,20	22,56	18,11	0,318	0,233	0,722	39,54	29,53
	5 %	31,81	21,91	17,34	0,120	0,246	0,114	38,30	28,19
P3	kezdeti minta	34,85	23,85	20,61	0,255	0,148	0,599	40,10	30,97
	1 %	34,17	23,73	19,94	0,175	0,250	0,663	39,07	30,46
	2 %	33,55	23,32	18,86	0,060	0,172	0,455	38,56	30,05
	3 %	33,48	22,77	18,50	0,263	0,471	0,029	38,78	29,57
	4 %	33,09	22,63	18,35	0,252	0,197	0,432	38,44	28,78
	5 %	33,03	22,82	18,09	0,265	0,575	0,332	38,31	28,84
P4	kezdeti minta	34,02	22,93	19,16	0,151	0,435	0,296	39,81	30,41
	1 %	33,28	23,00	18,32	0,261	0,259	0,230	38,56	29,77
	2 %	33,13	22,84	18,40	0,304	0,225	0,613	38,31	28,79
	3 %	32,52	22,12	18,00	0,102	0,164	0,075	39,19	28,62
	4 %	33,69	22,07	17,35	0,232	0,049	0,114	38,30	28,20
	5 %	33,02	21,73	16,56	0,120	0,400	0,297	37,18	27,85
P5	kezdeti minta	35,05	23,14	19,74	0,465	0,220	0,527	39,95	29,86
	1 %	34,32	23,86	20,20	0,075	0,525	0,351	39,78	31,84
	2 %	34,31	23,24	19,52	0,174	0,291	0,741	39,33	29,93
	3 %	33,77	23,29	18,30	0,146	0,675	0,757	37,24	29,58
	4 %	34,06	23,06	18,51	0,374	0,132	0,394	38,61	29,55
	5 %	33,86	22,74	17,22	0,157	0,211	0,309	37,07	28,80
P6	kezdeti minta	36,11	21,75	23,45	0,410	0,108	0,561	46,92	31,71
	1 %	36,22	21,78	23,46	0,185	0,197	0,380	47,30	32,45
	2 %	36,21	21,14	22,58	0,252	0,243	0,481	46,57	31,13
	3 %	35,73	21,53	22,90	0,147	0,309	0,220	46,21	31,37
	4 %	35,26	21,38	22,29	0,221	0,215	0,487	46,15	30,98
	5 %	35,04	20,75	20,56	0,367	0,267	0,140	44,46	29,49
P7	kezdeti minta	36,73	21,88	23,56	0,333	0,191	0,298	47,12	32,36
	1 %	36,71	21,92	23,13	0,393	0,184	0,375	46,65	32,22
	2 %	37,05	21,28	22,35	0,052	0,283	0,199	46,30	31,15
	3 %	36,67	21,59	21,68	0,110	0,470	0,563	44,88	31,03
	4 %	35,55	21,29	21,53	0,148	0,205	0,182	44,96	30,38
	5 %	35,77	21,39	21,45	0,454	0,425	0,405	44,97	30,86
P8	kezdeti minta	34,42	17,85	17,64	0,095	0,367	0,061	44,51	25,17
	1 %	33,70	17,73	17,01	0,421	0,670	0,620	43,81	24,57
	2 %	33,70	17,11	16,56	0,210	0,215	0,373	44,23	23,74
	3 %	33,16	16,82	16,05	0,318	0,233	0,522	43,83	23,18
	4 %	33,55	16,80	15,24	0,060	0,172	0,455	42,21	22,68
	5 %	33,33	16,72	14,69	0,265	0,452	0,332	41,47	22,18

11. melléklet folytatása A kezdeti és a megnövelt nedvességtartalmú minták színekoordináta értékeinek átlaga, szórása, valamint h_{ab}^o színezeti szög és C_{ab}^* króma értéke

minta	nedvesség növelés	átlag			szórás			h_{ab}^o	C_{ab}^*
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*		
P9	kezdeti minta	37,33	15,92	24,55	0,304	0,225	0,613	57,04	29,26
	1 %	37,12	15,56	23,92	0,325	0,049	0,114	56,96	28,54
	2 %	37,03	15,61	23,56	0,075	0,458	0,351	56,47	28,26
	3 %	37,27	15,03	22,98	0,374	0,132	0,302	56,81	27,46
	4 %	36,28	14,89	22,03	0,185	0,197	0,380	55,95	26,59
	5 %	36,13	14,71	21,47	0,271	0,157	0,265	55,58	26,03
P10	kezdeti minta	32,97	18,76	16,88	0,401	0,166	0,576	41,98	25,24
	1 %	32,17	18,45	16,05	0,210	0,162	0,302	41,02	24,45
	2 %	31,52	18,34	15,52	0,120	0,246	0,114	40,24	24,03
	3 %	31,42	18,04	15,02	0,255	0,471	0,029	39,78	23,47
	4 %	31,00	18,10	14,56	0,151	0,402	0,296	38,81	23,23
	5 %	31,15	17,69	13,82	0,145	0,164	0,075	38,00	22,45

12. melléklet A kezdeti és a megnövelt olajtartalmú minták színezéktartalma, színekoordináta értékeinek átlaga, szórása, valamint h_{ab}^o színezeti szög és C_{ab}^* króma értéke

minta	színezék tartalom (ASTA)	olaj adagolás	átlag			szórás			h_{ab}^o	C_{ab}^*
			L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*		
P1	161	kezdeti minta	35,89	20,32	21,43	0,457	0,067	0,301	46,53	29,53
		1 %	35,61	20,21	20,81	0,348	0,231	0,355	45,83	29,01
		2 %	34,59	19,83	20,70	0,294	0,311	0,175	46,22	28,67
		3 %	34,31	19,75	19,68	0,454	0,509	0,129	44,89	27,88
		4 %	33,44	18,92	18,47	0,263	0,380	0,204	44,31	26,44
P2	137	kezdeti minta	34,78	21,01	20,54	0,336	0,386	0,492	44,36	29,38
		1 %	35,07	21,21	21,41	0,231	0,280	0,238	45,27	30,13
		2 %	33,94	20,82	19,88	0,065	0,215	0,162	43,69	28,79
		3 %	33,65	20,10	18,58	0,472	0,206	0,147	42,74	27,37
		4 %	32,86	19,86	17,96	0,281	0,423	0,139	42,12	26,78
P3	132	kezdeti minta	34,45	19,80	18,02	0,257	0,127	0,160	42,30	26,77
		1 %	34,66	20,23	19,01	0,150	0,107	0,110	43,21	27,76
		2 %	33,87	19,31	16,07	0,203	0,621	0,352	39,76	25,12
		3 %	33,28	19,51	17,07	0,133	0,431	0,180	41,18	25,93
		4 %	33,08	18,58	16,75	0,344	0,323	0,075	42,03	25,01
P4	130	kezdeti minta	31,87	18,46	16,03	0,085	0,250	0,075	40,98	24,45
		1 %	31,64	18,00	15,07	0,059	0,164	0,290	39,94	23,48
		2 %	31,59	16,94	12,98	0,657	0,789	0,650	37,46	21,34
		3 %	30,55	16,58	13,28	0,918	0,381	0,376	38,69	21,25
		4 %	30,44	15,83	12,88	0,505	0,870	0,284	39,13	20,41
P5	108	kezdeti minta	34,40	21,10	20,32	0,146	0,257	0,369	43,92	29,29
		1 %	34,12	20,62	19,90	0,219	0,284	0,552	43,98	28,65
		2 %	34,15	20,02	19,35	0,393	0,430	0,165	44,02	27,84
		3 %	33,68	19,63	17,68	0,371	0,562	0,295	42,00	26,42
		4 %	33,34	19,49	17,16	0,297	0,508	0,185	41,36	25,97
P6	109	kezdeti minta	32,94	18,49	15,45	0,146	0,303	0,271	39,88	24,10
		1 %	32,88	18,19	16,32	0,386	0,333	0,451	41,90	24,44
		2 %	32,03	17,80	15,79	0,429	0,254	0,112	41,56	23,79
		3 %	31,17	17,02	14,62	0,425	0,487	0,172	40,66	22,44
		4 %	31,22	16,60	14,40	0,580	0,436	0,657	40,95	21,98
P7	100	kezdeti minta	35,04	21,03	21,72	0,157	0,267	0,163	45,93	30,23
		1 %	34,65	20,94	21,44	0,220	0,095	0,107	45,68	29,96
		2 %	33,92	20,56	19,26	0,191	0,055	0,082	43,13	28,17
		3 %	33,28	20,38	18,95	0,337	0,271	0,098	42,91	27,83
		4 %	33,16	19,83	19,51	0,470	0,602	0,250	44,53	27,82
P8	111	kezdeti minta	37,04	20,79	24,55	0,319	0,142	0,460	49,74	32,17
		1 %	36,27	20,24	21,80	0,243	0,146	0,150	47,12	29,75
		2 %	35,94	20,24	22,05	0,329	0,337	0,514	47,46	29,93
		3 %	36,40	19,05	20,08	0,510	0,437	0,601	46,52	27,68
		4 %	35,48	18,39	19,78	0,576	0,924	0,533	47,09	27,01
P9	110	kezdeti minta	33,99	19,99	19,73	0,106	0,324	0,412	44,63	28,09
		1 %	33,71	20,12	19,26	0,093	0,450	0,067	43,74	27,85
		2 %	33,63	19,34	17,36	0,302	0,580	0,397	41,92	25,99
		3 %	32,76	19,36	18,61	0,042	0,269	0,501	43,86	26,85
		4 %	32,67	18,87	18,10	0,300	0,287	0,230	43,81	26,14
P10	103	kezdeti minta	34,66	16,56	19,89	0,186	0,130	0,509	50,22	25,88
		1 %	34,94	16,23	18,85	0,223	0,244	0,520	49,26	24,87
		2 %	33,76	16,19	19,47	0,284	0,301	0,331	50,24	25,32
		3 %	33,45	15,64	17,72	0,386	0,146	0,181	48,56	23,64
		4 %	32,85	15,12	17,10	0,331	0,246	0,150	48,52	22,83

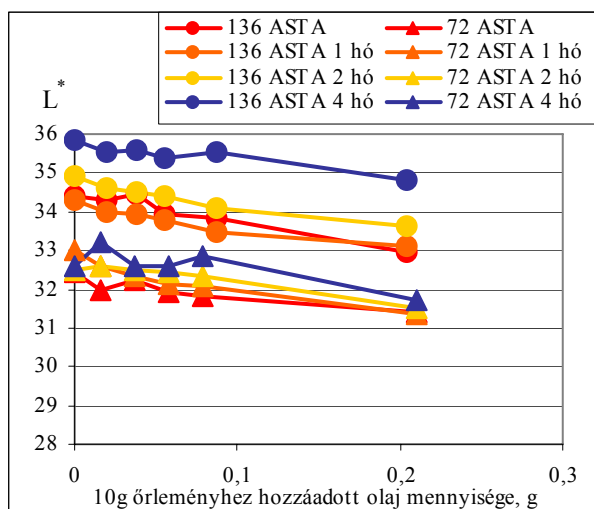
13./a melléklet A kezdeti és a megnövelt színezéktartalmú minták színkoordináta értékeinek átlaga, valamint h_{ab}^o színezeti szög és C_{ab}^* króma értéke

Kiindulási minta	Tárolási idő, hónap	Hozzáadott oleoresin mennyisége, g	L^*	a^*	b^*	h_{ab}^o	C_{ab}^*
136 ASTA	0	0	34,42	22,38	19,94	41,70	29,97
		0,0200	33,97	22,32	19,79	41,56	29,83
		0,0445	33,72	22,39	18,67	39,83	29,15
		0,0658	33,06	22,42	18,42	39,40	29,02
		0,0907	33,30	21,99	17,28	38,16	27,97
		0,2206	31,83	20,99	15,20	35,91	25,92
	1	0	34,30	22,61	20,73	42,52	30,67
		0,02	34,06	22,54	19,56	40,96	29,84
		0,0445	33,39	22,20	19,05	40,63	29,26
		0,0658	33,17	22,13	18,64	40,11	28,93
		0,0907	33,35	22,38	19,21	40,65	29,50
		0,2206	32,35	21,47	18,10	40,14	28,08
	2	0	34,94	21,98	21,46	44,31	30,72
		0,02	34,54	22,40	21,18	43,40	30,83
		0,0445	34,33	22,38	21,22	43,48	30,84
		0,0658	33,96	22,34	20,69	42,81	30,45
		0,0907	33,41	22,03	19,74	41,86	29,58
		0,2206	32,77	21,55	17,94	39,78	28,04
	4	0	35,84	21,86	22,16	45,38	31,13
		0,02	35,76	22,10	21,10	43,67	30,56
		0,0445	35,17	22,07	20,73	43,20	30,28
		0,0658	35,15	21,78	19,89	42,40	29,49
		0,0907	34,83	21,99	19,83	42,05	29,61
		0,2206	33,81	21,46	18,22	40,33	28,15
72 ASTA	0	0	32,43	16,18	17,48	47,21	23,81
		0,0213	32,21	16,24	16,74	45,87	23,32
		0,0418	31,49	16,18	16,57	45,68	23,16
		0,0703	31,32	16,51	16,13	44,33	23,08
		0,0859	31,13	16,26	15,59	43,80	22,53
		0,2484	30,36	15,85	13,92	41,30	21,09
	1	0	32,99	16,43	17,70	47,14	24,15
		0,0213	32,30	16,41	17,23	46,39	23,79
		0,0418	31,75	16,18	16,20	45,04	22,89
		0,0703	31,88	16,53	15,84	43,78	22,89
		0,0859	31,24	16,35	15,56	43,59	22,57
		0,2484	30,00	16,29	13,88	40,44	21,40
	2	0	32,50	16,12	17,17	46,82	23,55
		0,0213	32,55	15,98	16,85	46,52	23,23
		0,0418	32,12	15,95	16,63	46,20	23,05
		0,0703	31,50	16,28	16,23	44,91	22,99
		0,0859	31,51	16,14	15,74	44,29	22,54
		0,2484	30,40	15,66	13,76	41,30	20,84
	4	0	32,62	16,38	17,66	47,15	24,09
		0,0213	32,98	16,19	17,23	46,79	23,65
		0,0418	32,37	16,17	16,26	45,16	22,93
		0,0703	32,45	16,28	16,72	45,77	23,33
		0,0859	32,18	16,40	15,57	43,51	22,62
		0,2484	30,55	16,01	13,92	41,01	21,22

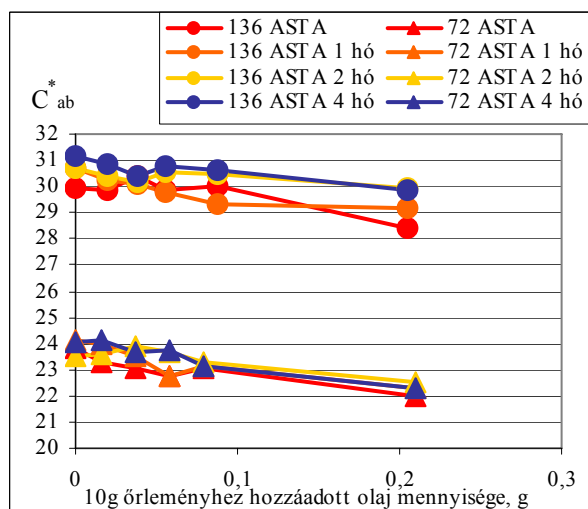
13./b melléklet A kezdeti és a megnövelt olajtartalmú minták színkoordináta értékeinek átlaga, valamint h_{ab}^o színezeti szög és C_{ab}^* króma értéke

Kiindulási minta	Tárolási idő, hónap	Hozzáadott olaj mennyisége, g	L^*	a^*	b^*	h_{ab}^o	C_{ab}^*
136 ASTA	0	0	34,42	22,38	19,94	41,70	29,97
		0,0200	34,28	21,96	20,27	42,71	29,89
		0,0387	34,47	22,38	20,57	42,58	30,40
		0,0557	33,93	22,12	20,01	42,14	29,83
		0,0876	33,83	22,45	19,88	41,53	29,98
		0	32,96	21,58	18,50	40,61	28,43
	1	0,0000	34,30	22,61	20,73	42,52	30,67
		0,0200	33,99	22,32	20,37	42,39	30,22
		0,0387	33,92	22,54	19,93	41,49	30,09
		0,0557	33,80	22,38	19,64	41,28	29,78
		0,0876	33,48	22,15	19,21	40,93	29,32
		0,2047	33,09	22,25	18,81	40,21	29,14
	2	0	34,94	21,98	21,46	44,31	30,72
		0,0200	34,63	22,01	20,97	43,62	30,40
		0,0387	34,48	21,91	20,68	43,35	30,13
		0,0557	34,42	22,22	20,97	43,35	30,55
		0,0876	34,09	22,24	20,86	43,16	30,49
		0,2047	33,63	21,99	20,27	42,66	29,90
	4	0	35,84	21,86	22,16	45,38	31,13
		0,0200	35,52	22,08	21,55	44,30	30,85
		0,0387	35,59	22,05	20,88	43,44	30,36
		0,0557	35,38	21,95	21,61	44,56	30,80
		0,0876	35,53	22,12	21,16	43,73	30,61
		0,2047	34,80	21,94	20,23	42,68	29,85
72 ASTA	0	0	32,43	16,18	17,48	47,21	23,81
		0,0162	31,99	16,06	16,91	46,48	23,32
		0,0374	32,21	16,23	16,40	45,30	23,07
		0,0580	31,90	15,88	16,32	45,78	22,77
		0,0792	31,84	15,94	16,65	46,25	23,05
		0,2101	31,38	15,76	15,37	44,28	22,02
	1	0	32,99	16,43	17,70	47,14	24,15
		0,0162	32,59	16,15	17,72	47,65	23,98
		0,0374	32,34	16,23	17,00	46,33	23,50
		0,0580	32,14	16,14	16,07	44,88	22,78
		0,0792	32,08	16,14	16,60	45,79	23,15
		0,2101	31,33	15,74	15,74	44,99	22,26
	2	0	32,50	16,12	17,17	46,82	23,55
		0,0162	32,59	16,00	17,30	47,24	23,56
		0,0374	32,49	16,22	17,58	47,30	23,91
		0,0580	32,45	16,09	17,40	47,23	23,70
		0,0792	32,31	15,85	17,07	47,12	23,30
		0,2101	31,49	15,90	16,00	45,19	22,55
	4	0	32,62	16,38	17,66	47,15	24,09
		0,0162	33,22	16,33	17,72	47,33	24,10
		0,0374	32,60	16,11	17,32	47,08	23,65
		0,0580	32,61	16,37	17,17	46,37	23,72
		0,0792	32,85	15,76	16,93	47,04	23,13
		0,2101	31,73	15,65	15,91	45,47	22,31

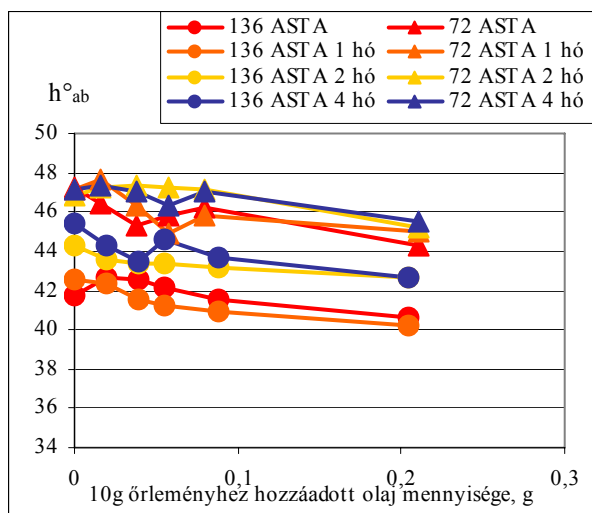
14. melléklet Az L^* világossági koordináta, h_{ab}^o színezeti szög és C_{ab}^* króma értékének alakulása a hozzáadott olaj mennyiségének függvényében az 1. mérésakor és tárolás során



L^* világossági koordináta

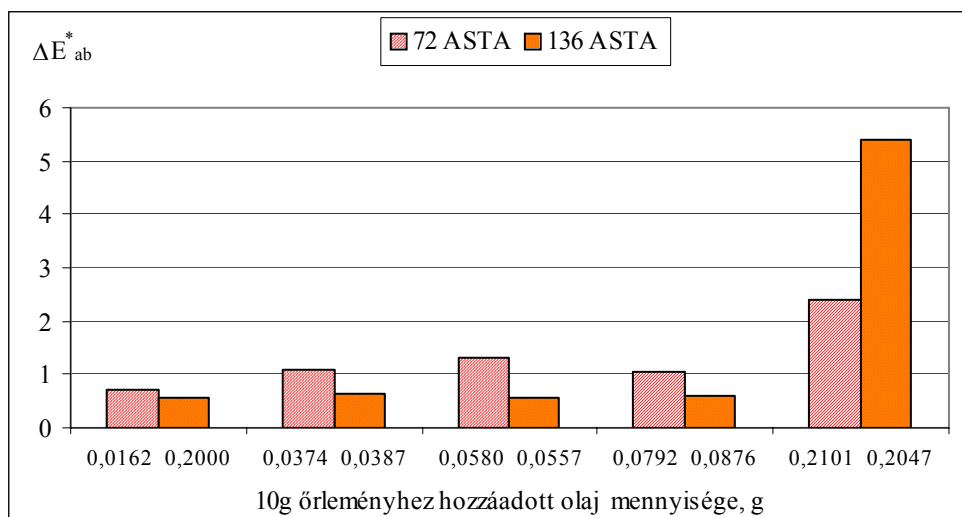


h_{ab}^o színezeti szög



C_{ab}^* króma

15. melléklet A kezdeti minta és a megnövelt olajtartalmú minták színelkülönbsége



16. melléklet Az azonos szemcseméret frakciójú alapanyagok keverékeként előállított örlemények mért számított színkoordináta értékei, a számított és mért színkoordináták különbsége és színkülönbsége

Szemcse- méret frakció, μm	Mért			Számított			ΔE_{ab}^*	eltérés		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*		L^*	a^*	b^*
400-500	32,18	15,95	15,47	32,89	16,04	16,20	1,03	-0,71	-0,09	-0,74
400-500	33,80	19,55	18,18	33,66	18,77	19,36	1,42	0,13	0,78	-1,18
400-500	32,73	18,87	16,78	33,14	18,69	17,29	0,68	-0,41	0,18	-0,51
400-500	33,03	18,05	17,94	33,37	17,53	18,50	0,84	-0,34	0,52	-0,56
400-500	33,08	18,32	16,97	33,41	17,57	15,85	1,39	-0,33	0,75	1,12
315-400	33,61	17,70	17,06	34,14	17,27	17,61	0,88	-0,53	0,43	-0,55
315-400	33,16	18,99	17,53	33,80	18,67	17,52	0,72	-0,65	0,31	0,01
315-400	33,41	17,23	14,78	33,09	17,82	15,92	1,32	0,32	-0,60	-1,14
315-400	34,74	15,56	18,33	34,18	16,19	18,29	0,85	0,56	-0,63	0,04
315-400	34,13	18,17	17,00	34,03	18,22	17,94	0,95	0,10	-0,05	-0,94
315-400	33,67	20,35	19,38	33,98	19,48	18,59	1,21	-0,31	0,87	0,79
315-400	33,85	18,51	18,69	33,52	17,85	17,42	1,47	0,33	0,66	1,27
250-315	35,08	19,11	20,54	35,41	18,64	20,59	0,58	-0,33	0,47	-0,05
250-315	32,49	16,26	14,51	32,62	16,11	15,39	0,91	-0,13	0,15	-0,89
250-315	34,43	17,82	19,29	35,02	17,40	19,63	0,80	-0,59	0,42	-0,35
250-315	34,79	18,46	19,68	35,20	17,97	19,62	0,64	-0,41	0,49	0,06
250-315	35,35	20,11	20,48	34,89	19,59	19,81	0,96	0,46	0,52	0,67
250-315	36,05	20,23	21,02	35,22	20,28	20,74	0,88	0,83	-0,05	0,28
250-315	35,14	16,47	18,96	35,25	16,18	19,84	0,93	-0,11	0,29	-0,87
125-250	36,55	18,83	22,12	36,65	18,60	23,02	0,93	-0,10	0,23	-0,90
125-250	36,33	18,79	20,96	36,25	18,45	21,94	1,04	0,08	0,34	-0,98
125-250	36,92	18,53	21,83	36,33	19,42	22,78	1,43	0,58	-0,89	-0,95
125-250	35,90	15,95	19,56	35,33	16,19	20,82	1,40	0,57	-0,24	-1,26
125-250	36,19	18,68	21,94	36,43	18,25	22,21	0,57	-0,24	0,43	-0,27
125-250	36,54	19,47	23,25	36,37	19,96	23,33	0,53	0,17	-0,49	-0,08
125-250	36,51	21,07	24,05	36,08	21,01	22,89	1,24	0,43	0,06	1,16

17. melléklet A mért és számított színkoordináta értékek regressziója statisztikai próbájának eredménye azonos szemcseméretű keverékek esetén

L^* világossági koordináta	Szabadsági fok	SQ	MQ	F érték	szignifikancia szint
Regresszió	1	34,461	34,461	182,06	$1,06 \cdot 10^{-12}$
Maradék	25	4,734	0,189		
Összesen	26	39,185			

a^* pirossági koordináta	Szabadsági fok	SQ	MQ	F érték	szignifikancia szint
Regresszió	1	40,262	40,262	194,94	$5,11 \cdot 10^{-13}$
Maradék	25	5,164	0,206		
Összesen	26	45,426			

b^* sárgasági koordináta	Szabadsági fok	SQ	MQ	F érték	szignifikancia szint
Regresszió	1	128,134	128,134	214,34	$1,84 \cdot 10^{-13}$
Maradék	25	14,942	0,597		
Összesen	26	143,076			

18. melléklet Az őrlemény keverékek mért számított színkoordináta értékei, a számított és mért színkoordináták különbsége és szinkülönbsége

Mért			Számított			ΔE_{ab}^*	eltérés		
L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*		L^*	a^*	b^*
32,24	19,91	16,46	32,16	20,68	17,12	1,02	0,08	-0,77	-0,66
32,77	19,85	16,69	32,38	20,91	16,86	1,13	0,39	-1,05	-0,17
33,08	19,49	16,34	32,60	21,13	16,60	1,72	0,48	-1,64	-0,26
33,86	19,16	17,07	34,16	19,00	15,87	1,25	-0,30	0,16	1,20
33,50	18,57	16,27	33,67	18,36	15,08	1,22	-0,17	0,21	1,19
32,83	18,14	15,44	33,18	17,72	14,29	1,27	-0,36	0,42	1,15
34,62	18,73	17,63	33,96	18,63	16,32	1,48	0,67	0,10	1,31
34,40	17,75	16,33	33,54	18,11	15,38	1,33	0,86	-0,36	0,95
33,41	17,62	15,46	33,12	17,59	14,44	1,06	0,29	0,03	1,02
33,91	18,37	16,76	34,04	18,58	16,07	0,73	-0,14	-0,21	0,69
34,22	18,98	17,81	34,16	18,77	16,47	1,37	0,06	0,21	1,35
34,37	19,13	18,15	34,27	18,96	16,86	1,30	0,10	0,17	1,29
33,77	15,37	17,03	34,05	15,53	16,13	0,95	-0,28	-0,16	0,90
33,49	16,67	16,30	34,01	16,49	15,98	0,64	-0,52	0,19	0,33
33,84	17,12	14,88	33,97	17,44	15,82	1,00	-0,13	-0,31	-0,95
31,77	13,16	10,42	31,25	14,06	11,31	1,37	0,52	-0,90	-0,89
32,73	14,67	11,99	32,15	15,50	12,76	1,27	0,58	-0,83	-0,77
33,70	15,76	13,37	33,04	16,95	14,22	1,60	0,66	-1,19	-0,85
31,32	19,87	15,45	31,45	19,56	15,07	0,51	-0,13	0,31	0,38
31,99	19,18	14,63	31,61	19,86	15,84	1,44	0,38	-0,68	-1,21
31,58	20,41	16,58	31,77	20,16	16,61	0,32	-0,20	0,25	-0,03
32,73	18,04	20,08	32,15	17,52	19,78	0,84	0,58	0,52	0,30
32,38	17,69	18,70	31,64	17,53	18,78	0,76	0,74	0,16	-0,08
32,63	17,37	19,27	32,23	17,44	19,50	1,22	0,40	-0,07	-0,24
32,16	18,63	20,12	32,26	17,67	20,46	1,02	-0,10	0,96	-0,33
33,11	17,71	20,28	32,20	17,35	19,98	1,02	0,90	0,36	0,30
33,67	17,96	20,33	32,69	17,21	20,94	1,37	0,98	0,75	-0,61
33,07	17,62	19,40	31,92	17,61	19,15	1,18	1,15	0,01	0,25
33,47	17,63	19,71	32,38	17,43	20,40	1,31	1,09	0,20	-0,69
32,80	17,68	19,25	31,91	17,59	19,37	0,90	0,89	0,09	-0,12
32,45	17,47	18,35	32,02	17,64	19,47	1,21	0,43	-0,17	-1,12
35,41	20,94	19,88	36,38	19,31	18,83	2,17	-0,97	1,63	1,05
35,16	20,80	19,56	35,90	19,33	18,63	1,90	-0,74	1,47	0,94
35,54	20,81	19,79	36,10	19,40	19,07	1,68	-0,57	1,40	0,72
35,19	21,05	20,63	36,19	19,51	19,24	2,30	-0,99	1,55	1,39
35,87	21,15	20,08	36,30	19,33	18,52	2,43	-0,43	1,82	1,56
33,33	19,19	19,57	33,47	18,31	17,85	1,94	-0,14	0,88	1,72
32,42	18,07	17,65	32,09	17,40	15,83	1,96	0,33	0,67	1,82
32,43	19,25	17,49	31,83	19,15	16,71	0,99	0,60	0,10	0,78
33,17	19,31	17,92	33,28	18,57	17,61	0,81	-0,11	0,74	0,31
32,12	17,34	15,75	31,02	17,81	15,73	1,19	1,10	-0,47	0,02
30,76	17,72	15,76	31,62	17,11	15,42	1,11	-0,86	0,61	0,34
30,95	16,96	15,94	31,37	16,69	14,81	1,24	-0,42	0,27	1,13
31,68	17,21	17,46	32,08	16,56	15,76	1,86	-0,40	0,65	1,70

18. melléklet folytatása Az örlemény keverékek mért számított színkoordináta értékei, a számított és mért színkoordináták különbsége és színkülönbsége

Mért			Számított			ΔE_{ab}^*	eltérés		
L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*		L^*	a^*	b^*
33,12	17,95	18,16	33,56	18,66	17,22	1,26	-0,44	-0,71	0,94
32,89	18,10	18,13	33,61	18,71	17,28	1,27	-0,72	-0,61	0,85
32,24	18,15	18,50	33,39	17,97	16,96	1,93	-1,15	0,18	1,54
31,75	17,48	17,16	32,11	17,78	16,61	0,72	-0,36	-0,30	0,55
31,17	17,08	16,85	31,42	16,67	15,69	1,25	-0,25	0,41	1,16
32,56	18,05	18,55	33,51	18,05	17,27	1,59	-0,95	0,00	1,28
32,55	17,99	18,04	33,44	18,22	17,47	1,08	-0,89	-0,23	0,57
31,10	17,26	17,53	32,52	17,57	16,44	1,81	-1,42	-0,31	1,09
31,09	16,83	17,25	32,22	17,33	16,18	1,63	-1,13	-0,50	1,07
31,60	17,02	17,39	32,61	17,58	16,66	1,37	-1,01	-0,56	0,73
31,65	17,51	17,48	33,11	18,16	16,98	1,68	-1,46	-0,65	0,50
32,20	18,27	17,22	33,02	18,60	17,02	0,90	-0,82	-0,33	0,20
34,06	19,56	18,35	33,30	19,16	17,60	1,14	0,76	0,40	0,75
32,28	17,36	15,58	30,65	17,68	15,40	1,67	1,63	-0,32	0,19
33,80	18,26	17,51	33,43	17,44	17,17	0,96	0,37	0,82	0,34
31,44	18,82	15,72	32,18	18,07	16,06	1,11	-0,74	0,75	-0,33
31,36	17,35	16,29	30,99	16,94	15,33	1,11	0,37	0,42	0,96
32,80	17,81	17,05	32,56	17,20	15,82	1,39	0,25	0,61	1,23
33,08	18,25	18,07	32,73	17,67	16,97	1,29	0,35	0,58	1,10
31,50	18,58	16,29	32,34	17,30	16,19	1,53	-0,84	1,28	0,10
32,71	17,94	17,40	32,49	17,18	16,61	1,11	0,22	0,76	0,78
32,41	18,59	17,97	32,67	18,26	17,03	1,03	-0,26	0,33	0,94

19. melléklet A mért és számított színkoordináta értékek regressziója statisztikai próbájának eredménye örlemény keverékek esetén

L^* világossági koordináta	Szabadsági fok	SQ	MQ	F érték	szignifikancia szint
Regresszió	1	76,366	76,366	156,71	$7,32 \cdot 10^{-19}$
Maradék	65	31,675	0,487		
Összesen	66	108,041			

a^* pirossági koordináta	Szabadsági fok	SQ	MQ	F érték	szignifikancia szint
Regresszió	1	68,059	68,059	143,28	$5,53 \cdot 10^{-18}$
Maradék	65	30,876	0,475		
Összesen	66	98,935			

b^* sárgasági koordináta	Szabadsági fok	SQ	MQ	F érték	szignifikancia szint
Regresszió	1	176,529	1476,529	316,10	$1,89 \cdot 10^{-26}$
Maradék	65	36,300	0,558		
Összesen	66	212,829			

20. melléklet Egy üzemi körülmények között mért 20 komponensű örlemény keverék alapanyagainak szíenkoordináta átlag és szórás értékei

Komponens	L*		a*		b*	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
1.	37,15	0,71	30,80	0,44	25,28	1,05
2.	32,57	1,08	25,59	0,63	15,82	0,59
3.	34,42	1,06	23,32	0,22	15,94	0,97
4.	39,70	0,22	26,78	0,21	23,51	0,39
5.	39,39	0,69	25,57	0,38	22,61	0,71
6.	37,35	0,53	29,21	0,92	24,48	0,73
7.	39,30	0,81	27,69	0,65	23,87	0,77
8.	39,99	0,76	25,71	0,37	22,68	0,76
9.	40,22	0,20	25,62	0,23	22,98	0,20
10.	39,90	7,43	25,24	0,14	22,22	0,29
11.	37,42	0,65	29,74	0,44	26,11	0,64
12.	39,20	0,67	27,46	0,33	23,61	0,44
13.	39,34	0,36	27,16	0,12	23,55	0,37
14.	39,39	0,10	26,10	0,30	22,37	0,42
15.	38,22	0,60	28,01	0,75	24,99	0,99
16.	39,45	0,66	27,84	0,71	23,07	0,44
17.	37,94	0,86	29,91	0,83	25,46	1,36
18.	38,41	0,11	27,88	0,51	22,78	0,74
19.	39,60	0,43	26,93	0,46	22,10	0,49
20.	40,23	0,25	26,79	0,35	21,90	0,54
Minimum	32,57		23,32		15,82	
Maximum	40,23		30,80		26,11	

21. melléklet A mért és számított szíenkoordináta értékek regressziója statisztikai próbájának eredménye üzemi körülmények között mért örlemény keverékek esetén

<i>L*</i> világossági koordináta	Szabadsági fok	SQ	MQ	F érték	szignifikancia szint
Regresszió	1	70,347	70,341	150,80	$1,80 \cdot 10^{-6}$
Maradék	9	4,198	0,466		
Összesen	10	74,545			

<i>a*</i> pirossági koordináta	Szabadsági fok	SQ	MQ	F érték	szignifikancia szint
Regresszió	1	215,666	215,666	860,27	$1,98 \cdot 10^{-9}$
Maradék	9	2,256	0,251		
Összesen	10	217,922			

<i>b*</i> sárgasági koordináta	Szabadsági fok	SQ	MQ	F érték	szignifikancia szint
Regresszió	1	246,938	246,938	356,01	$6,44 \cdot 10^{-8}$
Maradék	9	6,242	0,695		
Összesen	10	253,180			

22. melléklet A célminta örlemény, az előállított keverék örlemény mért és számított színkoordinátái, a felhasznált komponensek száma, valamint a célminta örlemény és az előállított örlemény színkülönbség és színkoordináta különbség értékei és a vizuálisan érzékelt különbség.

Komponen- -sek száma	célminta örlemény			előállított keverék			ΔE^*_{ab}	eltérés			vizuális különbség
	L*	a*	b*	L*	a*	b*		L*	a*	b*	
4	33,00	20,00	18,00	33,33	19,19	19,57	1,80	0,33	-0,81	1,57	-
4	32,00	18,00	17,00	32,42	18,07	17,65	0,77	0,42	0,07	0,65	-
4	32,00	20,00	16,00	32,43	19,25	17,49	1,72	0,43	-0,75	1,49	-
4	32,00	21,00	17,00	33,17	19,31	17,92	2,25	1,17	-1,69	0,92	-
4	31,00	18,00	14,00	32,12	17,34	15,75	2,18	1,12	-0,66	1,75	-
4	30,00	17,00	16,00	30,76	17,72	15,76	1,07	0,76	0,72	-0,24	-
4	30,00	16,00	15,00	30,95	16,96	15,94	1,64	0,95	0,96	0,94	-
5	31,00	17,00	16,00	31,68	17,21	17,46	1,62	0,68	0,21	1,46	-
5	34,00	17,00	17,00	33,12	17,95	18,16	1,74	-0,88	0,95	1,16	-
5	32,00	19,00	17,00	32,89	18,10	18,13	1,70	0,89	-0,90	1,13	-
5	32,00	19,00	17,00	32,24	18,15	18,50	1,74	0,24	-0,85	1,50	-
5	34,00	19,00	16,00	31,75	17,48	17,16	2,95	-2,25	-1,52	1,16	-
5	30,00	16,00	16,00	31,17	17,08	16,85	1,81	1,17	1,08	0,85	-
5	33,00	17,00	18,00	32,56	18,05	18,55	1,27	-0,44	1,05	0,55	-
5	32,00	18,00	17,00	31,10	17,26	17,53	1,28	-0,90	-0,74	0,53	-
5	32,00	15,50	16,50	31,09	16,83	17,25	1,78	-0,91	1,33	0,75	-
5	30,20	19,00	18,00	31,60	17,02	17,39	2,50	1,40	-1,98	-0,61	-
6	32,00	19,00	19,00	31,65	17,51	17,48	2,16	-0,35	-1,49	-1,52	-
6	31,00	19,00	18,00	31,20	18,27	17,22	1,08	0,20	-0,73	-0,78	-
6	33,00	18,00	17,00	34,06	19,56	18,35	2,32	1,06	1,56	1,35	-
6	31,00	16,00	14,30	32,28	17,36	15,58	2,27	1,28	1,36	1,28	-
6	35,50	19,80	16,00	33,53	18,26	17,51	2,92	-1,97	-1,54	1,51	-
6	30,00	18,00	15,00	31,44	18,82	15,72	1,81	1,44	0,82	0,72	-
6	32,00	18,00	14,50	31,36	17,35	16,29	2,01	-0,64	-0,65	1,79	-
6	31,50	18,00	17,00	32,80	17,81	17,05	1,32	1,30	-0,19	0,05	-
6	32,00	17,00	16,50	33,08	18,25	18,07	2,28	1,08	1,25	1,57	-
6	30,20	17,00	17,00	31,50	18,58	16,29	2,17	1,30	1,58	-0,71	-
5	32,00	17,00	16,00	32,71	17,94	17,40	1,83	0,71	0,94	1,40	-
4	34,00	18,00	17,00	32,41	18,59	17,97	1,95	-1,59	0,59	0,97	-
6	31,50	19,51	16,69	31,55	17,99	18,04	2,04	0,05	-1,52	1,35	kis mértékű
6	33,20	19,00	16,00	32,24	19,91	16,46	1,41	-0,96	0,91	0,46	nem érzékelhető
6	31,40	19,50	15,50	32,77	19,85	16,69	1,85	1,37	0,35	1,19	kis mértékű
6	32,60	21,13	16,60	33,08	19,49	16,34	1,72	0,48	-1,64	-0,26	kis mértékű
6	34,16	19,00	15,87	33,86	19,16	17,07	1,25	-0,30	0,16	1,20	kis mértékű
6	33,67	18,36	15,08	33,50	18,57	16,27	1,22	-0,17	0,21	1,19	nem érzékelhető
6	34,20	17,72	14,29	32,83	18,14	15,44	1,84	-1,37	0,42	1,15	kis mértékű
6	33,96	17,40	16,32	34,62	18,73	17,63	1,98	0,67	1,33	1,31	kis mértékű
6	33,54	18,11	15,38	34,40	17,75	16,33	1,33	0,86	-0,36	0,95	nem érzékelhető
6	31,80	15,60	14,44	33,41	17,62	15,46	2,77	1,61	2,02	1,02	érzékelhető
5	34,04	18,58	16,07	33,91	18,37	16,76	0,73	-0,14	-0,21	0,69	nem érzékelhető
5	34,16	18,77	16,47	34,22	18,98	17,81	1,37	0,06	0,21	1,35	nem érzékelhető
5	34,27	18,96	16,86	34,37	19,13	18,15	1,30	0,10	0,17	1,29	nem érzékelhető
5	34,05	15,53	16,13	33,77	15,37	17,03	0,95	-0,28	-0,16	0,90	nem érzékelhető
5	34,01	16,49	15,98	33,49	16,67	16,30	0,64	-0,52	0,19	0,33	nem érzékelhető
5	33,97	17,44	15,82	33,84	17,12	14,88	1,00	-0,13	-0,31	-0,95	nem érzékelhető
5	31,25	14,06	11,31	31,77	13,16	10,42	1,37	0,52	-0,90	-0,89	nem érzékelhető
5	32,15	15,50	12,76	32,73	14,67	11,99	1,27	0,58	-0,83	-0,77	nem érzékelhető
5	33,04	16,95	14,22	33,70	15,76	13,37	1,60	0,66	-1,19	-0,85	kis mértékű
5	31,45	19,56	15,07	31,32	19,87	15,45	0,51	-0,13	0,31	0,38	nem érzékelhető

22. melléklet folytatása A célminta őrlemény, az előállított keverék őrlemény mért és számított színekoordinátái, a felhasznált komponensek száma, valamint a célminta őrlemény és az előállított őrlemény színkülönbség és színekoordináta különbség értékei és a vizuálisan érzékelt különbség.

komponen- -sek száma	célminta őrlemény			előállított keverék			ΔE_{ab}^*	eltérés			vizuális különbség
	L*	a*	b*	L*	a*	b*		L*	a*	b*	
5	31,77	20,16	16,61	31,58	20,41	16,58	0,32	-0,20	0,25	-0,03	nem érzékelhető
5	32,15	17,52	19,78	32,73	18,04	20,08	0,84	0,58	0,52	0,30	nem érzékelhető
5	31,64	17,53	18,78	32,38	17,69	18,70	0,76	0,74	0,16	-0,08	nem érzékelhető
5	32,23	17,44	19,50	32,63	17,37	19,27	0,47	0,40	-0,07	-0,24	nem érzékelhető
5	32,26	17,67	20,46	32,16	18,63	20,12	1,02	-0,10	0,96	-0,33	nem érzékelhető
4	32,20	17,35	19,98	33,11	17,71	20,28	1,02	0,90	0,36	0,30	nem érzékelhető
4	32,69	19,30	20,94	33,67	17,96	20,33	1,77	0,98	-1,34	-0,61	kis mértékű
4	31,92	17,61	19,15	33,07	17,62	19,40	1,18	1,15	0,01	0,25	kis mértékű
4	32,38	19,40	21,20	33,47	17,63	19,71	2,56	1,09	-1,77	-1,49	érzékelhető
4	31,91	17,59	19,37	32,80	17,68	19,25	0,90	0,89	0,09	-0,12	nem érzékelhető
4	32,02	17,64	19,47	32,45	17,47	18,35	1,21	0,43	-0,17	-1,12	nem érzékelhető
4	36,38	19,31	18,83	35,41	20,94	19,88	2,17	-0,97	1,63	1,05	nem érzékelhető
4	36,80	19,33	18,63	35,16	20,80	19,56	2,39	-1,64	1,47	0,94	kis mértékű
4	36,10	19,40	19,07	35,54	20,81	19,79	1,68	-0,57	1,40	0,72	nem érzékelhető
4	36,19	19,51	19,24	35,19	21,05	20,63	2,30	-0,99	1,55	1,39	kis mértékű
4	36,30	19,33	18,52	35,87	21,15	20,08	2,43	-0,43	1,82	1,56	érzékelhető
4	35,05	19,51	23,1	36,54	19,47	23,25	1,50	1,49	-0,04	0,15	nem érzékelhető
4	36,82	22,51	23,69	36,51	21,07	24,05	1,51	-0,31	-1,44	0,36	nem érzékelhető
4	34,32	18,09	18,84	35,35	20,11	20,48	2,80	1,03	2,02	1,64	érzékelhető
4	34,27	21,69	21,06	36,05	20,23	21,02	2,30	1,78	-1,46	-0,04	kis mértékű
4	32,88	20,8	18,36	33,67	20,35	19,38	1,36	0,79	-0,45	1,02	nem érzékelhető
4	33,23	18,76	16,44	33,85	18,51	18,69	2,35	0,62	-0,25	2,25	érzékelhető
4	33,05	18,09	16,42	33,03	18,05	17,94	1,52	-0,02	-0,04	1,52	nem érzékelhető
4	34,08	18,25	17,29	33,08	18,32	16,97	1,06	-1,00	0,07	-0,32	nem érzékelhető
4	33,43	19,9	18,57	33,13	19,13	18,49	0,82	-0,30	-0,77	-0,08	nem érzékelhető
4	34,73	20,57	18,77	33,21	19,08	19,15	2,17	-1,52	-1,49	0,38	kis mértékű
5	31,61	19,86	15,84	31,99	19,18	14,63	1,44	0,38	-0,68	-1,21	nem érzékelhető

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani dr. Fekete András Professzor Úrnak, aki útmutatásaival irányította munkámat. Köszönöm Halászné dr. Fekete Mária főiskolai docensnek, hogy tanácsaival segítette munkámat és Záhonyi Istvánné tanszéki mérnöknek, hogy a mérések elvégzésével segítségemre volt. Köszönet illeti munkahelyem, a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karának Vezetőségét, akik támogattak a dolgozat megírása során.